

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Методические указания

по курсовому проектированию для студентов

по направлению 15.03.04 «Управление в технических системах» и
27.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

ЭЛЕКТРОННЫЙ ВАРИАНТ



Санкт-Петербург

2014

ВВЕДЕНИЕ

Содержание курсового проекта "Проектирование автоматизированных систем" определяется общей задачей данного курса, в результате изучения которого студенты должны знать содержание и порядок выполнения проектных работ в области автоматизации и уметь:

- составлять технические задания на проектирование систем автоматизации,
- выполнять проектно-расчетные работы на стадиях технического и рабочего проектирования.

Проектирование автоматизированных систем производится на основании нормативных документов, регламентирующих проектирование [1].

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ВНИМАНИЕ. Студент-заочник по двум последним цифрам своего шифра (номер зачетной книжки) определяет вариант заданного объекта автоматизации (из таблицы, раздел 1) для номеров 01...25, а для номеров 25... 99 по сумме двух последних цифр.

ПРИМЕР 1. Шифр студента 90124. Две последние цифры 24. В разделе 2 по варианту 24 находятся статические и динамические характеристики объекта и его краткое описание (рис. 2.24).

ПРИМЕР 2. Шифр студента 90184. Две последние цифры 84. Сумма составляет 12. В разделе 2 находим характеристики (вариант 12) и описание объекта (рис.2.12).

Для заданного объекта автоматизации необходимо:

1. Произвести инженерный расчет системы автоматического регулирования для заданного параметра (раздел 1).
 2. Разработать функциональную схему автоматизации, выбрать приборы и средства автоматизации, составить спецификации на приборы и средства автоматизации (лекция 5 уч. пособия, раздел 3).
 3. Разработать принципиальную схему автоматического регулирования для заданного параметра (раздел 4).
 4. Разработать общий вид щита (пульты) (раздел 5).
- Разработать принципиальную схему питания с расчетом и выбором аппаратов управления и защиты (раздел 6).

1. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

1.1. Типовые объекты регулирования

Встречающиеся в лесной промышленности объекты, с достаточной для практики точностью, могут быть представлены как одно- и двухъемкостные объекты.

Уравнение одноемкостного объекта

Одноемкостные объекты с запаздыванием при наличии самовыравнивания имеют динамическую характеристику, представленную на рис. 1.1.

Дифференциальное уравнение одноемкостного статического объекта имеет следующий вид:

$$T \frac{d\varphi}{dt} + \varphi = \mu_{(t-\tau_0)} K_{об}, \quad (1.1)$$

После деления обеих частей уравнения на δ получим

$$T \frac{d\varphi}{dt} + \varphi = \mu_{(t-\tau_0)} K_{об}, \quad (1.2)$$

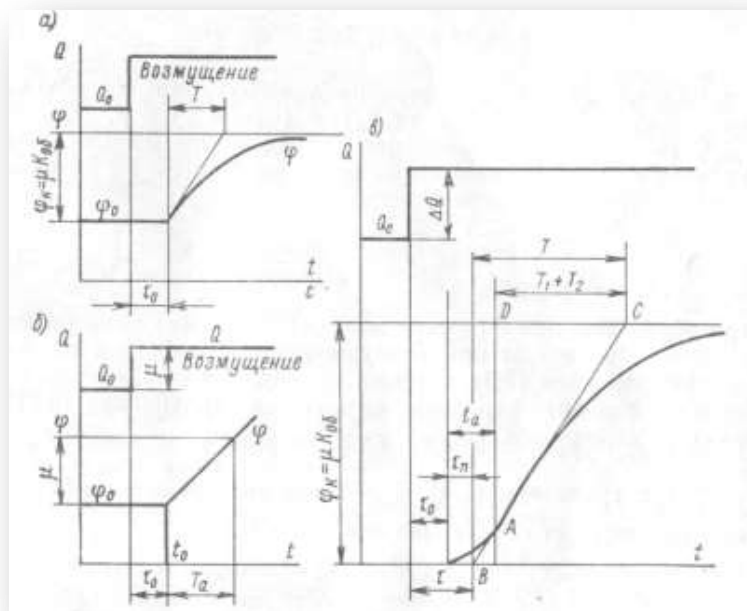


Рис. 1.1. Кривые разгона различных объектов регулирования:
а – одноемкостного статического; б – одноемкостного астатического;
в – двухъемкостного статического

где T_a – время разгона объекта, с (ч);

$T = \frac{T_a}{\delta}$ – постоянная времени, с (ч);

δ – степень самовыравнивания объекта;

$K_{об}$ – коэффициент передачи объекта;

μ – относительная величина возмущающего воздействия;

φ – относительное отклонение регулируемого параметра;

$$\mu = \frac{\Delta Q}{Q_0}; \quad \varphi = \frac{\Delta X}{X_0}; \quad \mu = \frac{\Delta Q}{Q_0}; \quad \varphi = \frac{\Delta X}{X_0};$$

где X_0 – заданное значение;

X – текущее значение регулируемого параметра.

Транспортное запаздывание не изменяет формы переходного процесса, а лишь сдвигает все точки этого процесса на постоянную величину τ_0 .

Решение дифференциального уравнения (1.1) дает динамическую характеристику объекта, которая представляет собою экспоненту

$$\begin{aligned} \varphi &= K_{об}\mu(1 - e^{-t/T}) \\ \varphi &= K_{об}\mu(1 - e^{-t/T}) \end{aligned} \quad (1.3)$$

Для нахождения дифференциального уравнения объекта надо знать величины T (или T_a), δ (или $K_{об}$) и μ .

Степень самовыравнивания определяется по расчетным уравнениям или на основании опытных данных по величине коэффициента передачи объекта:

$$t_a = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} 2,3 \lg \frac{T_2}{T_1}. \quad (1.4)$$

где X_k – конечное (потенциальное) значение измеряемой величины при возмущающем воздействии μ .

Из уравнения (1.3) вытекает, что при $t = \infty$ $\varphi_k = K_{об}\mu$. Коэффициент передачи объекта в уравнениях (1.2) и (1.3) рассматривается как безразмерная величина ($K_{об} = 1/\delta$), в уравнении (1.4) $K'_{об}$ – размерная величина. Между ними существует следующая зависимость:

$$K'_{об} = \frac{K_{об} X_0}{100} = \frac{X_k - X_0}{\mu\%} \frac{\text{единиц измеряемой величины}}{\% \text{ хода регулирующего органа}},$$

Для астатических объектов $\delta = 0$; тогда уравнение (1.1) принимает

следующий вид:

$$T_a \frac{d\varphi}{dt} = \mu. \quad (1.5)$$

Этому уравнению отвечает разгонная (динамическая) характеристика на рис. 1.1,б, которая показывает, что начиная с некоторого времени t_0 , выходной параметр φ изменяется по закону прямой линии с постоянной скоростью.

При $t=T_a$ отклонение регулируемого параметра $\varphi - \varphi_0 = \mu$, т. е. по своему физическому смыслу время разгона T_a равно времени, в течение которого относительное изменение параметра достигает значения, численно равного ступенчатому возмущению μ на входе в объект.

Для астатических объектов также вводится понятие о коэффициенте передачи и времени разгона объекта.

$$\bar{K} = \frac{\varphi'}{\mu \text{ с, \% хода регулирующего органа}},$$

где $\varphi' = \frac{d\varphi}{dt} = \operatorname{tg} \alpha$, т. е. тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс.

Уравнение двухъёмкостного объекта

Некоторые объекты удовлетворительно аппроксимируются двухъёмкостным статическим звеном с запаздыванием.

Аппроксимированный объект выражается линейным дифференциальным уравнением второй степени с постоянными коэффициентами

$$T_1 T_2 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{d\varphi}{dt} + \varphi = K_{об} \mu_{(t-\tau_0)}, \quad (1.6)$$

В этих уравнения T_1 и T_2 – постоянные времени.
Коэффициент передачи объекта

$$K_{об} = \frac{\varphi_k}{\mu}, \quad (1.7)$$

где μ – относительная величина возмущающего воздействия.

Для построения кривой разгона нужно решить уравнение (1.6), при этом получим

$$\varphi = K_{об} \mu \left(1 + \frac{T_1}{T_2 - T_1} e^{-t/T_1} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} e^{-t/T_2} \right). \quad (1.8)$$

Для двухъёмкостного объекта кривая разгона, построенная опытным путем, имеет S-образный вид с точкой перегиба, характеризующей наибольшую скорость изменения параметра (см. рис. 1.1, в). В точке перегиба A , характеризующей наибольшую скорость изменения параметра ($d\varphi/dt = \max$), проводится касательная BC .

Продифференцировав дважды уравнение (1.8) и приравняв полученное уравнение к нулю, найдем абсциссу точки перегиба

$$t_a = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} 2,3 \lg \frac{T_2}{T_1}. \quad (1.9)$$

Уравнение (3.9) позволяет проверить правильность выбора точки перегиба A .

Проекция касательной BC на ось абсцисс характеризует условную постоянную времени (объект как бы аппроксимируется одноёмкостным статическим звеном), а отрезок DC определяет сумму постоянных времени отдельных ёмкостей $T_1 + T_2$.

Переходное запаздывание (отрезок τ_n) обусловлено наличием сопротивления между отдельными ёмкостями объекта. Общее запаздывание

$$\tau = \tau_0 + \tau_n.$$

Для построения кривой разгона согласно выражениям (1.3) или (1.8) времени t придают ряд последовательных значений и, пользуясь таблицей показательных функций $y = e^{-x}$ (см. табл. 3.1), находят значения φ . Расчеты проводят для отрезка времени $t \approx 3T$.

Таблица 3.1

Таблица значений показательной функции							
x	y	x	y	x	y	x	y
0,00	1,000	1,15	0,315	3,10	0,045	5,40	0,0045
0,05	0,951	1,20	0,301	3,20	0,041	5,50	0,0041
0,10	0,905	1,25	0,286	3,30	0,037	5,60	0,0037
0,15	0,861	1,30	0,272	3,40	0,033	5,70	0,0033
0,20	0,819	1,35	0,259	3,50	0,030	5,80	0,0030
0,25	0,779	1,40	0,247	3,60	0,027	5,90	0,0027

0,30	0,741	1,45	0,234	3,70	0,025	6,00	0,0025
0,35	0,705	1,50	0,223	3,80	0,022	6,10	0,0022
0,40	0,670	1,60	0,202	3,90	0,020	6,20	0,0020
0,45	0,637	1,70	0,183	4,00	0,018	6,30	0,0019
0,50	0,606	1,80	0,165	4,10	0,016	6,40	0,0017
0,55	0,577	1,90	0,149	4,20	0,015	6,50	0,0015
0,60	0,549	2,00	0,135	4,30	0,014	6,60	0,0014
0,65	0,522	2,10	0,122	4,40	0,012	6,70	0,0012
0,70	0,496	2,20	0,110	4,50	0,011	6,80	0,0011
0,75	0,472	2,30	0,100	4,60	0,010	6,90	0,0010
0,80	0,449	2,40	0,091	4,70	0,009	7,00	0,0009
0,85	0,427	2,50	0,082	4,80	0,008		
0,90	0,406	2,60	0,074	4,90	0,007		
0,95	0,387	2,70	0,067	5,00	0,0067		
1,00	0,368	2,80	0,061	5,10	0,0061		
1,05	0,350	2,90	0,055	5,20	0,0055		
1,10	0,333	3,00	0,049	5,30	0,0050		

1.2. Законы регулирования

Различные законы регулирования формируются в соответствующих устройствах. Эти устройства бывают релейные, пропорциональные (П), пропорционально-дифференциальные (ПД), интегральные (И), пропорционально-интегральные (ПИ), пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД).

Релейный закон регулирования может быть отработан автоматическим регулятором, использующим отклонение текущего значения регулируемой величины от задания, при условии, что величина рассогласования Δx больше зоны нечувствительности регулятора ε . Записывается уравнениями вида

$$\begin{aligned}
 u &= u_{\min} \text{ при } \Delta x < \varepsilon \text{ и } \frac{d\Delta x}{dt} < 0; \\
 u &= u_{\max} \text{ при } \Delta x > \varepsilon \text{ и } \frac{d\Delta x}{dt} > 0;
 \end{aligned}
 \tag{1.10}$$

где u – выходная величина автоматического регулятора (регулирующее воздействие);

u_{\min} и u_{\max} – соответственно минимальное и максимальное значения выходной величины регулятора;

$d\Delta x$ – скорость отклонения значения регулируемой величины от заданного значения (величина, указывающая направление отклонения).

На рис. 1.2 показан принцип работы релейного регулятора. При позиционном регулировании процесс изменения регулируемого параметра X

будет колебательным с амплитудой X_a и периодом колебания T_a . Для технологических объектов показателем качества релейного регулирования является также установившееся отклонение $x_{уст}$ фактического значения X от его заданного значения $X_{зад}$, которое является функцией нагрузки.

В зависимости от конструкций контактного устройства можно осуществить релейное регулирование без нечувствительности (см. рис. 3.2,6), или релейное регулирование с изменяемой зоной нечувствительности δX .

П–закон регулирования отработать регулятор может при использовании им величины и знака рассогласования управляемой переменной, т. е. $\pm \Delta x$.

П – закон автоматического регулятора записывается уравнением вида

$$u = - K_p \Delta x, \quad (1.11)$$

где K_p – коэффициент пропорциональности или усиления.

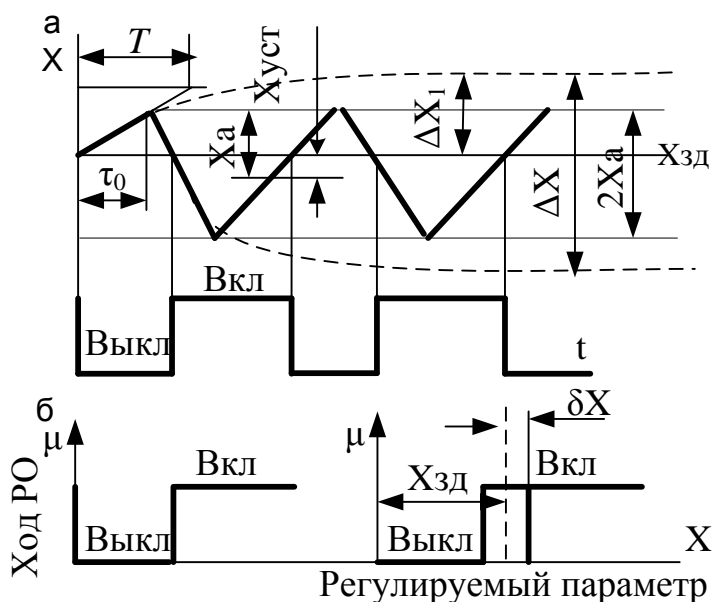
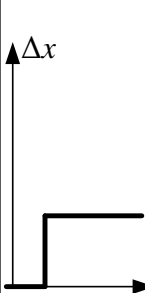
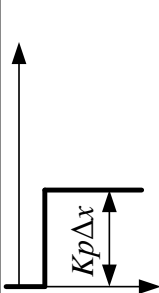
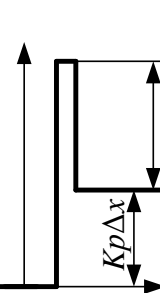
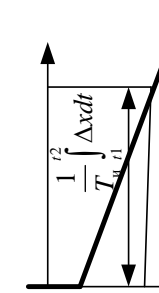
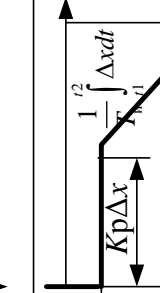
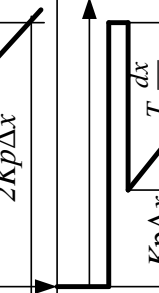


Рис. 1.2. Принцип действия релейного двухпозиционного регулятора:
 а – характеристика колебательного режима работы, б – работа регулятора без нечувствительности (слева), работа регулятора с нечувствительностью (справа)

Знак минус в правой части уравнения (1.11) указывает на то, что во время работы автоматической системы изменение выходного сигнала регулятора ΔX приводит к изменению величины u в обратном направлении.

Графическое изображение П– закона регулирования показано в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Входной сигнал	Выходной сигнал регулятора				
	П-закон	ПД-закон	И-закон	ПИ-закон	ПИД-закон
					

ПД – закон регулирования отработать регулятор может при использовании им величины и знака рассогласования управляемой переменной ($\pm\Delta x$) и скорости (производной) этого рассогласования ($d\Delta x/dt$). Использование скорости отклонения означает введение в закон регулирования предваряющего воздействия.

ПД–закон регулирования представляет собой сумму воздействий пропорциональной и дифференциальной составляющих и записывается уравнением вида

$$u = -\left[K_p(\Delta x + T_d \frac{d\Delta x}{dt}) \right], u = -\left[K_p(\Delta x + \frac{1}{T_i} \int_0^t \Delta x dt + T_d \frac{d\Delta x}{dt}) \right]. \quad (1.12)$$

где T_d – постоянная времени дифференцирования или время предварения (T_n).

Как видно из графика (табл. 1.2), за счет дополнительного введения в П–закон регулирования дифференциальной составляющей, значение выходного сигнала u в переходном режиме существенно увеличивается по сравнению с выходным сигналом П-регулятора.

И–закон регулирования отработать регулятор может при использовании им интеграла отклонения регулируемой величины от задания за время t и направления этого отклонения, т. е. $\int \Delta x dt$.

И–закон регулирования записывается уравнением вида,

$$u = -\frac{1}{T_i} \int_0^t \Delta x dt, u = -\frac{1}{T_i} \int_0^t \Delta x dt, \quad (3.13)$$

где K_p – коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость исполнительного механизма через него постоянную времени T_n . Величину T_n – называют постоянной времени интегрирования.

Выходной сигнал И-регулятора будет иметь тем большее значение, чем больше отклонится регулируемая величина x от задания X_0 и чем длительнее будет это отклонение. Как видно из графика (табл. 1.2), кривая изменения выходного сигнала u при ступенчатом изменении Δx представляет собой прямую линию, угол наклона которой к оси t зависит от величины Δx .

ПИ – закон регулирования отработать регулятор может при одновременном использовании им величины и знака рассогласования $\pm \Delta x$ и интеграла от этого рассогласования $\int \Delta x dt$.

ПИ—закон регулирования записывается уравнением вида

$$u = - \left[K_p (\Delta x + \frac{1}{T_n} \int_0^t \Delta x dt) \right], \quad (1.14)$$

ПИ-регуляторы конструктивно выполняют так, что отрицательная обратная связь в них имеет максимальное воздействие лишь в начальный момент времени, а затем она постепенно снимается действием инерционной положительной обратной связи.

Коэффициент усиления K_p и время издрорма T_n являются параметрами настройки ПИ-регулятора.

ПИД – закон регулирования отработать регулятор может при использовании им величины и знака рассогласования $\pm \Delta x$, а также производной $d\Delta x/dt$ и интеграла $\int \Delta x dt$ от этого рассогласования.

ПИД—закон регулирования записывается уравнением вида

$$u = - \left[K_p (\Delta x + \frac{1}{T_n} \int_0^t \Delta x dt + T_d \frac{d\Delta x}{dt}) \right]. \quad (1.15)$$

Коэффициент усиления K_p , время издрорма T_n и время предварения T_d являются параметрами настройки ПИД-регулятора.

Преимущество ПИД-регулятора над ПД регулятором обуславливается отсутствием остаточной статической неравномерности, а преимущество над ПИ-регулятором состоит в отработке предваряющего воздействия.

1.3. Качество регулирования

При выборе типа регулятора следует сформулировать необходимые требования к качеству регулирования.

Максимальное динамическое отклонение X_1 (см. рис. 1.3) является важнейшим показателем характера переходного процесса. Величина его имеет большое значение в случаях, когда по технологическим условиям значительное отклонение от задания недопустимо. X_1 зависит от динамических свойств объекта регулирования, величины возмущения, принятого закона регулирования и настроек регулятора.

Динамический коэффициент регулирования R_d определяет степень воздействия регулятора, понижающего динамическое отклонение, и представляет собой отношение максимального отклонения X_1 к отклонению от задания X_0 при том же возмущении, но без регулирующего воздействия (см. рис. 1.3).

$$R_d = \frac{X_1}{X_0} = \frac{X_1}{K_{обл} \mu \%} \quad (1.16)$$

Перерегулирование характеризует степень колебательности переходного процесса и определяется отношением второй, противоположно направленной амплитуды колебаний X_2 к первой X_1 (рис. 1.3).

Время регулирования охватывает период времени t_p (рис. 1.3) с момента отклонения регулируемой величины до возвращения ее регулятором к заданному значению.

Остаточное отклонение. На рис. 1.3, а регулируемая величина в конце процесса регулирования полностью возвращается к заданному значению, а на рис. 3.3,б имеет место остаточное отклонение регулируемой величины от задания, равное ρ .

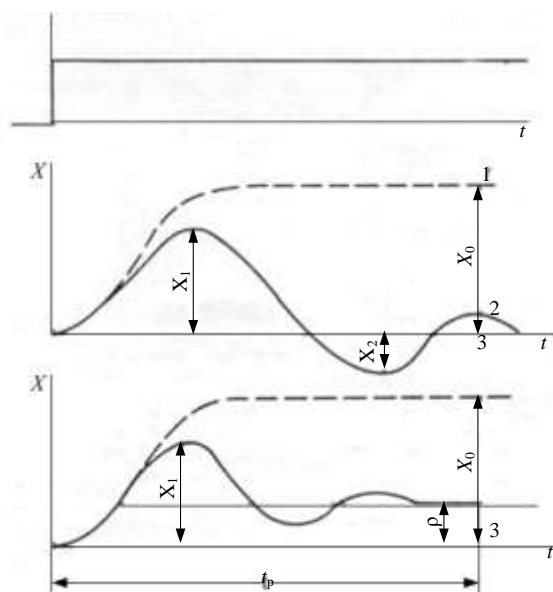


Рис. 1.3. Переходные процессы регулирования: *a* – без остаточного отклонения; *б* – с остаточным отклонением; 1 – без регулятора; 2 – при работе регулятора; 3 – заданное значение

1.4. Оптимальные типовые процессы регулирования

Качество регулирования определяется не только законом регулирования, но и настройками регулятора. При разных настройках одного и того же регулятора можно получить переходные процессы различных типов, отличающиеся друг от друга показателями качества.

Различают три типовых переходных процесса регулирования:

- а) граничный апериодический процесс (рис. 1.4,а), характеризуется минимальным общим временем регулирования t_p , полным отсутствием перерегулирования и минимальным регулирующим воздействием;
- б) процесс с 20%-ным перерегулированием и минимальным временем первого полупериода колебаний (рис. 1.4,б).

Процесс является промежуточным и используется, когда некоторое перерегулирование допустимо;

- в) процесс с минимальной квадратичной площадью отклонения $\min \int x^2 dt$ (рис. 1.4, в).

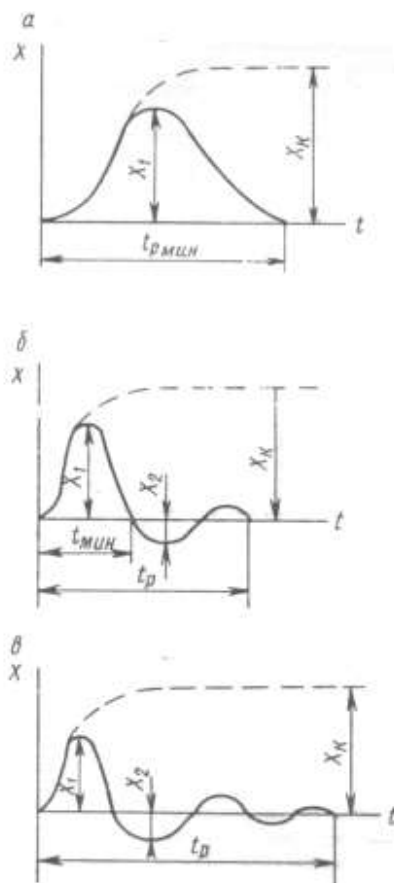


Рис. 1.4. Типовые оптимальные процессы регулирования:
 а – аperiodический; б – процесс с 20%-ным перерегулированием;
 в – процесс с минимальной квадратичной площадью отклонения

Процесс отличается наибольшим регулирующим воздействием, перерегулированием (порядка 40 – 45%) и временем регулирования. Но он характерен и наименьшей величиной максимального динамического отклонения X_1 .

1.5. Методика выбора регулятора

Выбор регулятора для статических объектов

Инженерный расчет САР при $\tau/T > 0,2$ проводится в следующей последовательности:

1. Выявляются динамические параметры заданного объекта – $T, \tau, K_{об}$. Относительная величина возмущающего воздействия $\mu \approx 0,2$ (20%). Для двухъёмкостного объекта соответственно учитываются постоянные времени T_1 и T_2 .

2. Составляется дифференциальное уравнение объекта.

3. Строится кривая разгона объекта.

4. Принимается типовой оптимальный процесс регулирования.

5. Определяется максимально допустимое динамическое отклонение регулируемого параметра X_1 .

6. Определяется динамический коэффициент регулирования согласно формуле (1.16).

7. По кривым на рис. 1.5 и 1.6 выбирается тип регулятора по характеристике действия и определяется время регулирования.

8. При выборе П-регулятора по графику (см. рис. 1.7) проверяется величина остаточного отклонения по формуле

$$X_{ост} = \delta' K'_{об} \mu. \quad (1-17)$$

Если величина $X_{ост}$ превышает допустимую, следует установить ПИ-регулятор.

9. Выбор настроек регулятора непрерывного действия на статических объектах производится по данным табл. 1.3.

В формулах таблицы K_p – коэффициент передачи регулятора; T_i – время изодрома; T_n – время предварения.

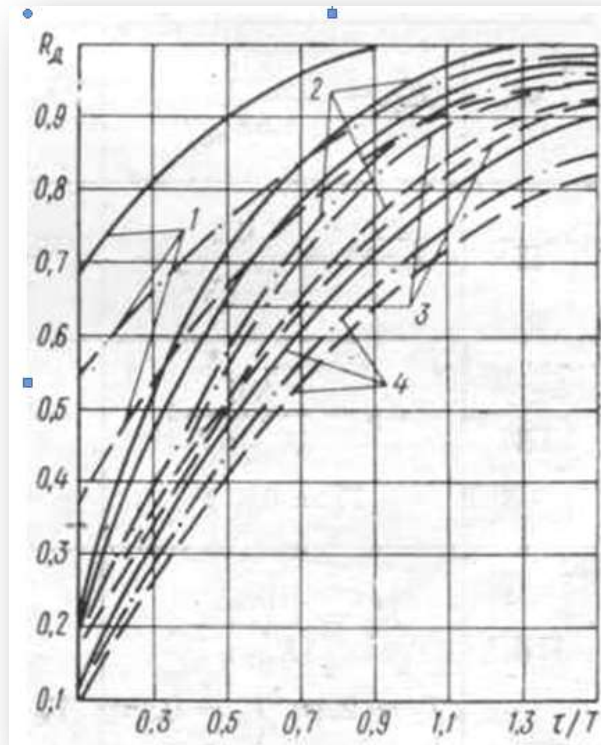


Рис. 1.5. Зависимость R_d от динамических свойств объекта и типовых процессов регулирования: 1 – И-регулятор; 2 – П-регулятор; 3 – ПИ-регулятор; 4 – ПИД-регулятор; — аperiodический процесс; --- процесс с 20%-ным перерегулированием; - • - процесс с $\min \int x^2 dt$

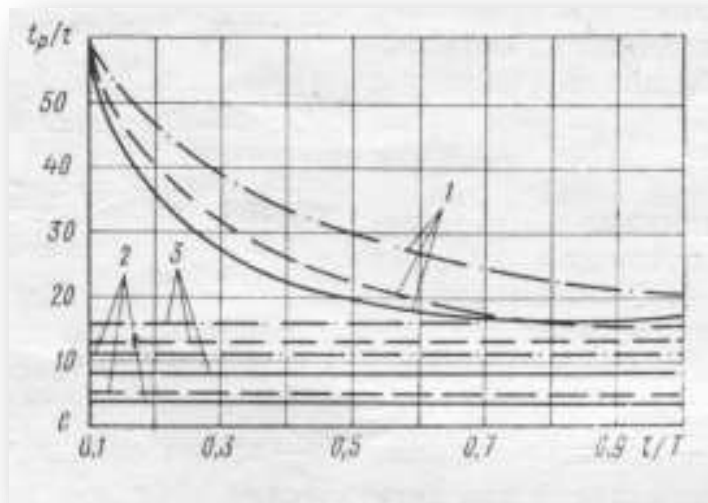


Рис. 1.6. Зависимость t_p/τ от динамических свойств объекта τ/T и типовых процессов регулирования: 1 – И-регулятор; 2 – П-регулятор; 3 – ПИ-регулятор; 4 – ПИД-регулятор; — аperiodический процесс; --- процесс с 20%-ным перерегулированием; - • - процесс с $\min \int x^2 dt$

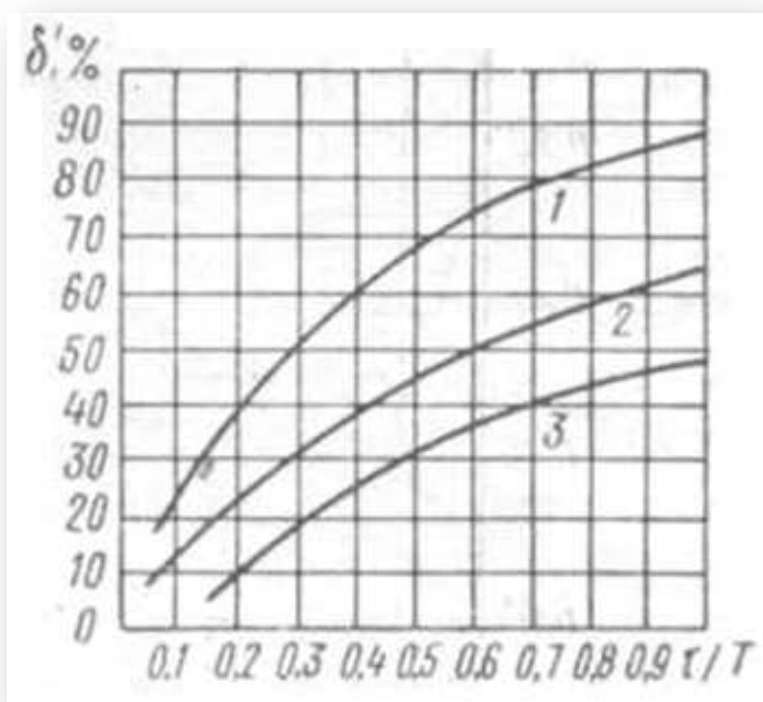


Рис. 1.7. Остаточное отклонение при регулировании: 1 – аperiodический процесс; 2 – 20%-ное перерегулирование; 3 – $\min \int x^2 dt$

Таблица 1.3.

Р	Типовой процесс регулирования		
	аperiodический	20 %-ное перерегулирование	$\min \int x^2 dt$
И	$K_p = \frac{1,4}{K'_{06} \tau / T}$ $K_p = \frac{1}{4,5 K'_{06} T}$	$K_p = \frac{1}{1,7 K'_{06} T}$	$K_p = \frac{1}{1,7 K'_{06} \tau}$
П	$K_p = \frac{0,3}{K'_{06} \tau / T}$	$K_p = \frac{0,7}{K'_{06} \tau / T}$	$K_p = \frac{0,9}{K'_{06} \tau / T}$
ПИ	$K_p = \frac{0,3}{K'_{06} \tau / T}$ $T_{и} = 0,6 T$	$K_p = \frac{0,7}{K'_{06} \tau / T}$ $T_{и} = 0,7 T$	$K_p = \frac{1,0}{K'_{06} \tau / T}$ $T_{и} = T$
ПИД	$K_p = \frac{0,95}{K'_{06} \tau / T}$ $T_{и} = 2,4 \tau; T_{п} = 0,4 \tau$	$K_p = \frac{1,2}{K'_{06} \tau / T}$ $T_{и} = \tau; T_{п} = 0,4 \tau$	$K_p = \frac{1,4}{K'_{06} \tau / T}$ $T_{и} = 1,3 \tau; T_{п} = 0,5 \tau$

Выбор регулятора для астатических объектов

Нужно иметь в виду, что объекты без самовыравнивания ($\delta = 0$) являются неустойчивыми, и это делает установку на таких объектах автоматических регуляторов особенно необходимой.

Условный динамический коэффициент регулирования

$$\bar{R}_d = \frac{X_1 \bar{T}_a}{\tau \mu}, \quad \bar{R}_d = \frac{X_1 \bar{T}_a}{\tau \mu}, \quad (1-18)$$

где \bar{T}_a – постоянная времени астатического объекта;

τ – запаздывание объекта;

μ – максимально возможное возмущающее воздействие в %;

X_1 – максимальное динамическое отклонение регулируемого параметра в переходном процессе.

И-регуляторы на астатических объектах не применяют, так как такая система регулирования структурно неустойчива.

По величине R_d выбирают тип регулятора (по характеристике действия) для астатических объектов, при этом пользуются данными табл. 1.4.

Для астатических объектов при апериодической форме переходного процесса настройки параметров регулятора определяются следующими формулами:

для П-регулятора

$$K_p = \frac{0,4}{\tau/\bar{T}_a};$$

для ПИ-регулятора

$$K_p = \frac{0,4}{\tau/\bar{T}_a}; \quad T_i = 6\tau;$$

для ПИД-регулятора

$$K_p = \frac{0,6}{\tau/\bar{T}_a}; \quad T_i = 5\tau; \quad T_d = 0,2\tau.$$

Таблица 1.4

Регулятор	Апериодический процесс регулирования		Колебательный процесс регулирования с 20%-ым перерегулированием	
	\bar{R}_d	время регулирования t_p/τ	\bar{R}_d	время регулирования t_p/τ
П	2,9	6	1,4	8
ПИ	1,4	14	1,3	16
ПИД	1,3	9	1,1	12

2. ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

На рис. 1.1-1.15 приведены технологические схемы объектов автоматизации. Статические и динамические характеристики объекта даны для канала регулирования, в отношении которого производится расчет системы автоматического регулирования (САР) и разработка принципиальной схемы регулирования, приведены в таблицах. Все остальные параметры контроля, регулирования и управления студент разрабатывает в функциональной схеме автоматизации. Статические и динамические характеристики взяты из литературных источников [1, 2, 3].

ВАРИАНТ 1

ЛЕСОСУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

На рис.2.1 схематически изображена сушильная камера.

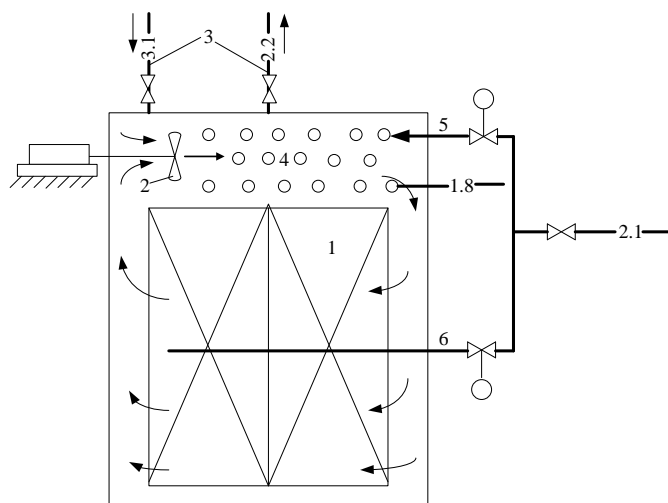


Рис. 2.1. Схема воздушно-паровой сушильной камеры периодического действия:
 1 – штабель, 2 – вентилятор, 3 – приточно-вытяжные каналы,
 4 – калориферы, 5 – пар в калориферы, 6 – пропарочная линия

Камера периодического действия загружается и разгружается полностью и весь материал в ней просушивается одновременно, а режим сушки изменяется во времени, оставаясь в данный момент одинаковым для всего объема камеры. По характеру сушильного агента различают камеры воздушные, газовые и работающие в среде перегретого пара (высокотемпературные). По источнику теплоснабжения камеры могут быть с паровым, электрическим и газовым обогревом. Так как камеры проектируются обычно универсальными для сушки пиломатериалов любых пород различными режимами, их рационально снабжать вентиляторами с регулируемой частотой вращения. Давление пара при входе в камеру (0,4...0,5) МПа.

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $U_0 = 80...90$ °С. По данному каналу регулирования объект принимается двухъёмкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.6, а решение его 1.8).

Максимально допустимое динамическое отклонение в переходном процессе $X_1 = 1,5$ °С.

Допустимое остаточное отклонение регулируемого параметра $X_{ост} = \pm 0,5$ °С.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
1	СПЛК-2	Тем-ра сушиль-го агента – тем-ра пара	0,8	4	5	0,36 °С/°С

ВАРИАНТ 2 ЛЕСОСУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

На рис. 2.2. схематически изображена сушильная камера.

Камера периодического действия загружается и разгружается полностью и весь материал в ней просушивается одновременно, а режим сушки изменяется во времени, оставаясь в данный момент одинаковым для всего объема камеры. По характеру сушильного агента различают камеры воздушные, газовые и работающие в среде перегретого пара (высокотемпературные). По источнику теплоснабжения камеры могут быть с паровым, электрическим и газовым обогревом. Так как камеры проектируются обычно универсальными для сушки пиломатериалов любых пород различными режимами, их рационально снабжать вентиляторами с регулируемой частотой вращения. Давление пара при входе в камеру (0.4...0,5) МПа.

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $U_0 = 80...90$ °С. По данному каналу регулирования объект

условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.1, а решение его 1.3) [1].

Максимально допустимое динамическое отклонение в переходном процессе $X_s = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Допустимое остаточное отклонение регулируемого параметра $X_{\text{ост}} = \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

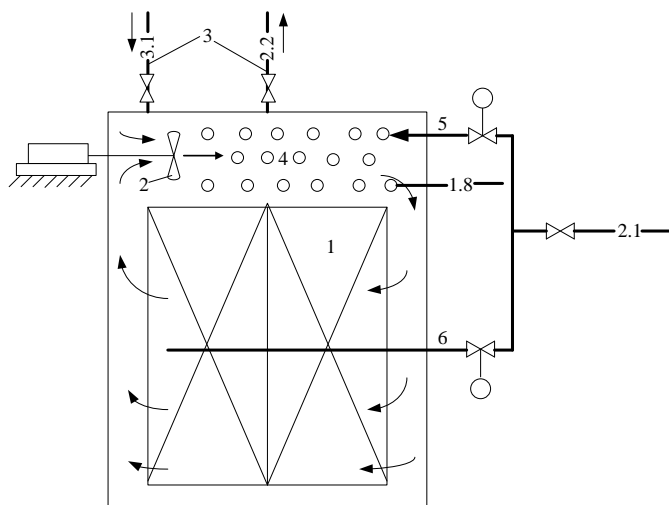


Рис. 2.2. Схема воздушно-паровой сушильной камеры периодического действия:
 1 – штабель, 2 – вентилятор, 3 – приточно-вытяжные каналы,
 4 – калориферы, 5 – пар в калориферы, 6 – пропарочная линия

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
2	Валмет	Тем-ра сушиль-го агента – тем-ра пара	1,2	3,3	-	0,44 $^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$

ВАРИАНТ 3 ЛЕСОСУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

На рис.2.3. схематически изображена сушильная камера. Камера периодического действия загружается и разгружается полностью и весь материал в ней просушивается одновременно, а режим сушки изменяется во времени, оставаясь в данный момент одинаковым для всего объема камеры. По характеру сушильного агента различают камеры воздушные, газовые и работающие в среде перегретого пара (высокотемпературные). По источнику теплоснабжения камеры могут быть с паровым, электрическим и газовым обогревом. Так как камеры проектируются обычно универсальными для сушки пиломатериалов любых пород различными режимами, их рационально снабжать вентиляторами

с регулируемой частотой вращения. Давление пара при входе в камеру (0,4...0,5) МПа.

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $U_0 = 80...90$ °С. По данному каналу регулирования объект условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.1, а решение его 1.3) [1].

Максимально допустимое динамическое отклонение в переходном процессе $X_s = 1,5$ °С.

Допустимое остаточное отклонение регулируемого параметра $X_{ост} = \pm 0,5$ °С.

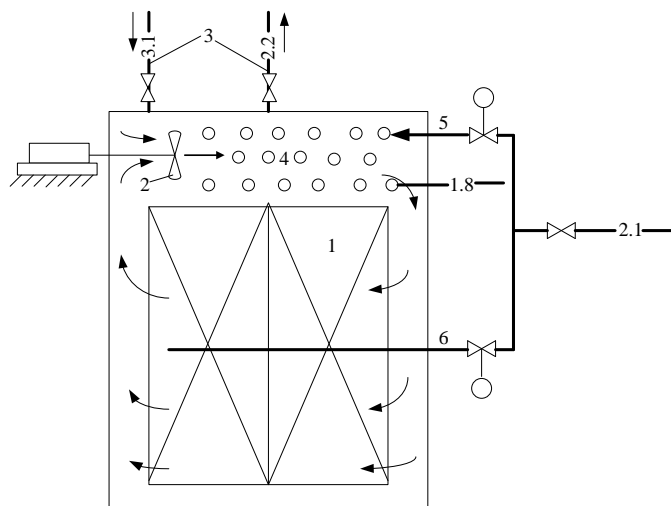


Рис. 2.3. Схема воздушно-паровой сушильной камеры периодического действия:
1 – штабель, 2 – вентилятор, 3 – приточно-вытяжные каналы,
4 – калориферы, 5 – пар в калориферы, 6 – пропарочная линия

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
3	Валмет	Тем-ра сушиль-го агента — давление пара	1,2	3,3	-	49 °С/Мпа

ВАРИАНТ 4 ЛЕСОСШЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

На рис.2.4. схематически изображена сушильная камера. Камера периодического действия загружается и разгружается полностью и весь материал в ней просушивается одновременно, а режим сушки изменяется во времени, оставаясь в данный момент одинаковым для всего объема камеры. По характеру сушильного агента различают камеры воздушные, газовые и работающие в среде перегретого пара (высокотемпературные). По источнику теплоснабжения

камеры могут быть с паровым, электрическим и газовым обогревом. Так как камеры проектируются обычно универсальными для сушки пиломатериалов любых пород различными режимами, их рационально снабжать вентиляторами с регулируемой частотой вращения. Давление пара при входе в камеру (0,4...0,5)МПа.

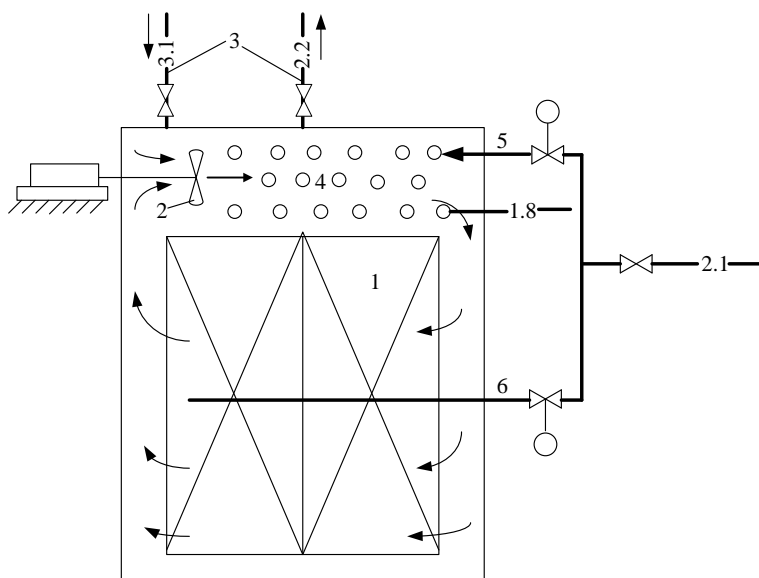


Рис. 2.4. Схема воздушно-паровой сушильной камеры периодического действия:
 1 – штабель, 2 – вентилятор, 3 – приточно-вытяжные каналы,
 4 – калориферы, 5 – пар в калориферы, 6 – пропарочная линия

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $U_0 = 80...90$ °С. По данному каналу регулирования объект условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.1, а решение его 1.3) [1].

Максимально допустимое динамическое отклонение в переходном процессе $X_d = 1,5$ °С.

Допустимое остаточное отклонение регулируемого параметра $X_{ост} = \pm 0,5$ °С.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
4	Эжекционно-реверсивная	Тем-ра сушиль-го агента — давление пара	2,2	9	-	37 °С/МПа

ВАРИАНТ 5 ЛЕСОСУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

На рис.2.5. схематически изображена сушильная камера.

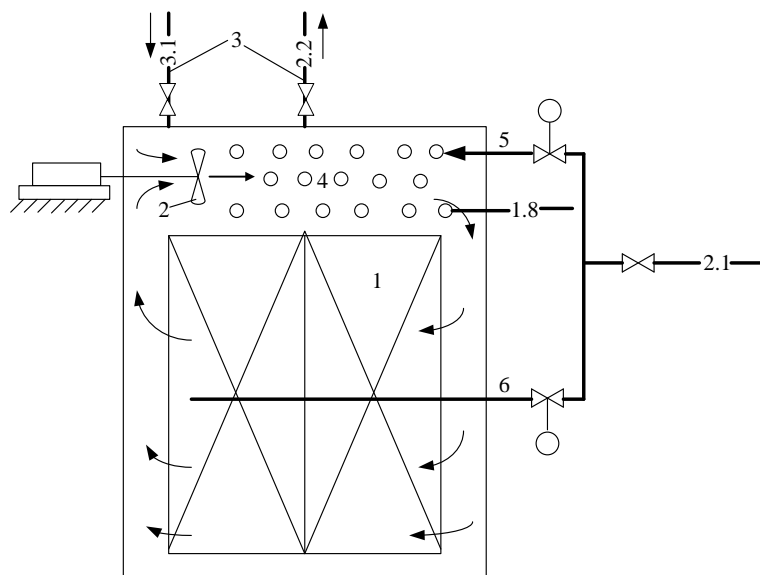


Рис. 2.5. Схема воздушно-паровой сушильной камеры периодического действия:
 1 – штабель, 2 – вентилятор, 3 – приточно-вытяжные каналы,
 4 – калориферы, 5 – пар в калориферы, 6 – пропарочная линия

Камера периодического действия загружается и разгружается полностью и весь материал в ней просушивается одновременно, а режим сушки изменяется во времени, оставаясь в данный момент одинаковым для всего объема камеры. По характеру сушильного агента различают камеры воздушные, газовые и работающие в среде перегретого пара (высокотемпературные). По источнику теплоснабжения камеры могут быть с паровым, электрическим и газовым обогревом. Так как камеры проектируются обычно универсальными для сушки пиломатериалов любых пород различными режимами, их рационально снабжать вентиляторами с регулируемой частотой вращения. Давление пара при входе в камеру (0,4...0,5) МПа.

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $U_0 = 80...90$ °С. По данному каналу регулирования объект условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.1. а решение его 1.3).

Максимально допустимое динамическое отклонение в переходном процессе $X_d = 1,5$ °С.

Допустимое остаточное отклонение регулируемого параметра $X_{ост} = \pm 0,5$ °С.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
---	----------------	------------------	----------------	-------------	-------------	----------

5	Эжекционно-реверсивная	Тем-ра сушиль-го агента — тем-ра пара	2,2	9	-	0,23 °C/°C
---	------------------------	---------------------------------------	-----	---	---	------------

ВАРИАНТ 6

ЛЕСОСУШЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

На рис.2.6. схематически изображена сушильная камера.

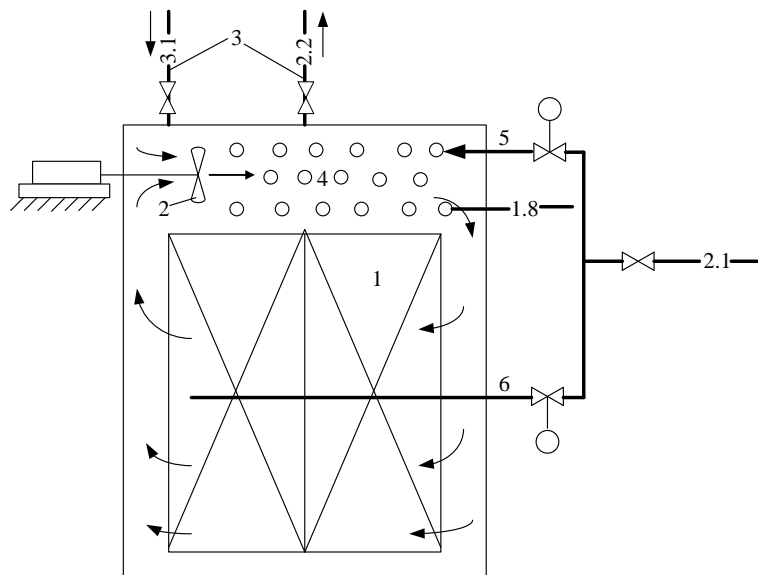


Рис. 2.6. Схема воздушно-паровой сушильной камеры периодического действия:
 1 – штабель, 2 – вентилятор, 3 – приточно-вытяжные каналы,
 4 – calorиферы, 5 – пар в calorиферы, 6 – пропарочная линия

Камера периодического действия загружается и разгружается полностью и весь материал в ней просушивается одновременно, а режим сушки изменяется во времени, оставаясь в данный момент одинаковым для всего объема камеры. По характеру сушильного агента различают камеры воздушные, газовые и работающие в среде перегретого пара (высокотемпературные). По источнику теплоснабжения камеры могут быть с паровым, электрическим и газовым обогревом. Так как камеры проектируются обычно универсальными для сушки пиломатериалов любых пород различными режимами, их рационально снабжать вентиляторами с регулируемой частотой вращения. Давление пара при входе в камеру (0,4...0,5) МПа.

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $U_0 = 80...90$ °C. По данному каналу регулирования объект условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.6. а решение его 1.8).

Максимально допустимое динамическое отклонение в переходном процессе $X_d = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Допустимое остаточное отклонение регулируемого параметра $X_{ост} = \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
6	Сатико высокотемпературная	Тем-ра сушильного агента — тем-ра пара	0,33	1,45	4,5	$0,43 \text{ } ^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$

ВАРИАНТ 7

ЛЕСОСУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В камерах непрерывного действия, загруженных постоянно, материал перемещается по мере высушивания от загрузочного к разгрузочному концу. Процесс сушки в них протекает непрерывно. В камерах непрерывного действия состояние воздуха изменяется по их длине, оставаясь в каждой зоне постоянным во времени. Характерной особенностью лесосушильных камер непрерывного действия является наличие нескольких зон, по которым перемещают штабеля пиломатериалов в процессе сушки и в которых поддерживаются различные для разных зон и не изменяющиеся во времени параметры сушильного агента (рис. 2.6).

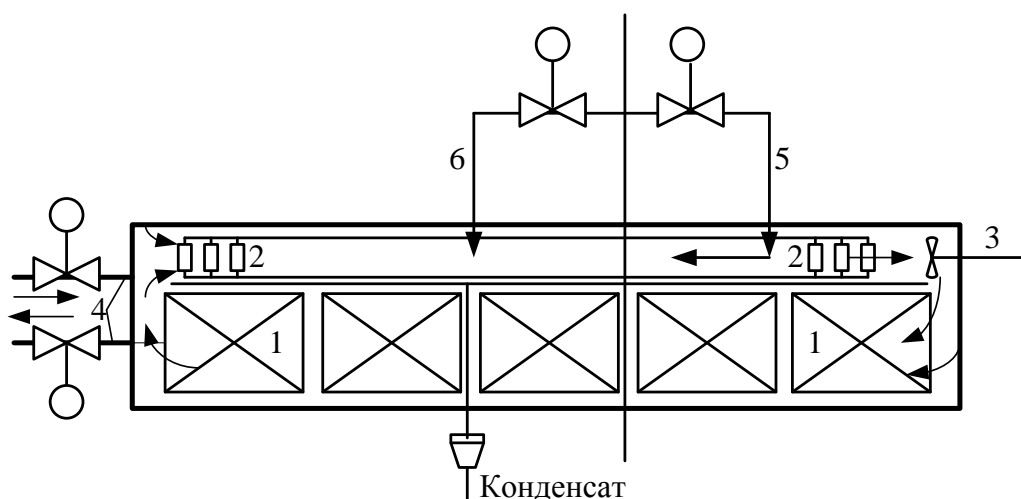


Рис. 2. 7. Схема воздушно-паровой сушильной камеры непрерывного действия:

1 - штабеля; 2 - калориферы; 3 - вентилятор; 4 - приточно-вытяжные каналы;

5 - пропарочная линия; 6 - пар в калориферы

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $U_0 = 80...95 \text{ } ^\circ\text{C}$. Регулирование температуры и влажности сушильного агента производится по разгрузочному концу сушильной камеры (можно вести регулирование сушильного агента по зонам).

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
7	Валмет	Температура сушильного агента – температура пара	0,3	1,36	4,3	0,41 °C/°C

По данному каналу регулирования объект описывается дифференциальным уравнением 1.6, а решение его 1.8).

ВАРИАНТ 8 ЛЕСОСУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В камерах непрерывного действия, загруженных постоянно, материал перемещается по мере высушивания от загрузочного к разгрузочному концу. Процесс сушки в них протекает непрерывно. В камерах непрерывного действия состояние воздуха изменяется по их длине, оставаясь в каждой зоне постоянным во времени. Характерной особенностью лесосушильных камер непрерывного действия является наличие нескольких зон, по которым перемещаются штабеля пиломатериалов в процессе сушки и в которых поддерживаются различные для разных зон и не изменяющиеся во времени параметры сушильного агента (рис. 2.8).

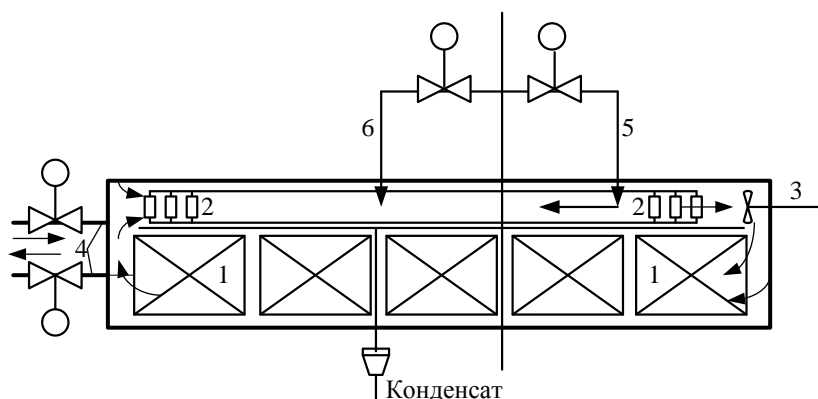


Рис. 2. 7. Схема воздушно-паровой сушильной камеры непрерывного действия:

- 1 - штабеля; 2 - калориферы; 3 - вентилятор; 4 - приточно-вытяжные каналы;
- 5 - паропроводная линия; 6 - пар в калориферы

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $T = 80...95$ °C. Регулирование температуры и влажности сушильного агента производится по разгрузочному концу сушильной камеры (можно вести регулирование сушильного агента по зонам).

По данному каналу регулирования объект условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.1. а решение его 1.3,).

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
8	ЦНИИМОД-32	Тем-ра сушиль-го агента — тем-ра пара	1,6	4,4	-	0,38 °C/°C

ВАРИАНТ 9 ЛЕСОСУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В камерах непрерывного действия, загруженных постоянно, материал перемещается по мере высушивания от загрузочного к разгрузочному концу. Процесс сушки в них протекает непрерывно. В камерах непрерывного действия состояние воздуха изменяется по их длине, оставаясь в каждой зоне постоянным во времени. Характерной особенностью лесосушильных камер непрерывного действия является наличие нескольких зон, по которым перемещают штабеля пиломатериалов в процессе сушки и в которых поддерживаются различные для разных зон и не изменяющиеся во времени параметры сушильного агента (рис. 2.9).

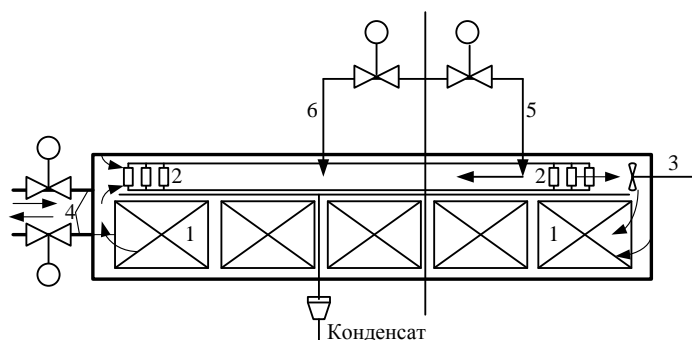


Рис. 2.9. Схема воздушно-паровой сушильной камеры непрерывного действия:
1 - штабеля; 2 - калориферы; 3 - вентилятор; 4 - приточно-вытяжные каналы;
5 - пропарочная линия; б - пар в калориферы

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $T = 80...95$ °C. Регулирование температуры и влажности су-

сушильного агента производится по разгрузочному концу сушильной камеры (можно вести регулирование сушильного агента по зонам).

По данному каналу регулирования объект условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.1. а решение его 1.3,).

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
9	ЦНИИМОД-32	Тем-ра сушиль-го агента — давление пара	1,6	4,4	-	39 °С/МПа

ВАРИАНТ 10

ЛЕСОСУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В камерах непрерывного действия, загруженных постоянно, материал перемещается по мере высушивания от загрузочного к разгрузочному концу. Процесс сушки в них протекает непрерывно. В камерах непрерывного действия состояние воздуха изменяется по их длине, оставаясь в каждой зоне постоянным во времени. Характерной особенностью лесосушильных камер непрерывного действия является наличие нескольких зон, по которым перемещают штабеля пиломатериалов в процессе сушки и в которых поддерживаются различные для разных зон и не изменяющиеся во времени параметры сушильного агента (рис. 2.10).

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $T = 80...95$ °С. Регулирование температуры и влажности сушильного агента производится по разгрузочному концу сушильной камеры (можно вести регулирование сушильного агента по зонам).

По данному каналу регулирования объект условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.1. а решение его 1.3,).

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
10	Камера Латгитпрома	Температура сушильного агента — давление пара	3,2	6	-	32 °С/МПа

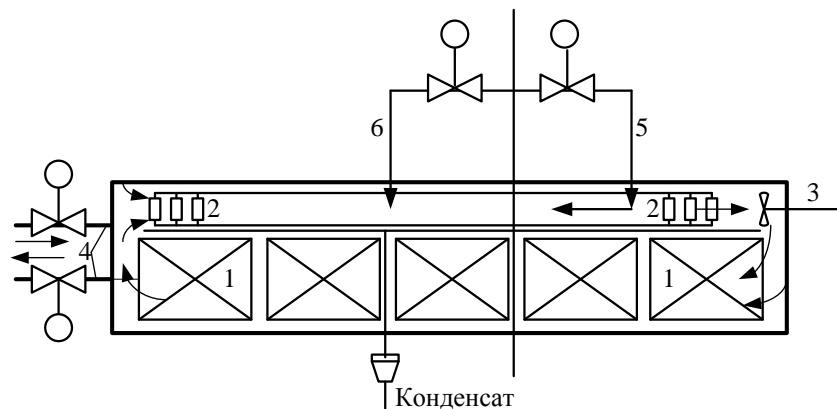


Рис. 2.10. Схема воздушно-паровой сушильной камеры непрерывного действия:
 1 - штабеля; 2 - калориферы; 3 - вентилятор; 4 - приточно-вытяжные каналы;
 5 - пропарочная линия; 6 - пар в калориферы

ВАРИАНТ 11

В камерах непрерывного действия, загруженных постоянно, материал перемещается по мере высушивания от загрузочного к разгрузочному концу. Процесс сушки в них протекает непрерывно. В камерах непрерывного действия состояние воздуха изменяется по их длине, оставаясь в каждой зоне постоянным во времени. Характерной особенностью лесосушильных камер непрерывного действия является наличие нескольких зон, по которым перемещают штабеля пиломатериалов в процессе сушки и в которых поддерживаются различные для разных зон и не изменяющиеся во времени параметры сушильного агента (рис. 2.11).

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура сушильного агента $T = 80...95$ °С. Регулирование температуры и влажности сушильного агента производится по разгрузочному концу сушильной камеры (можно вести регулирование сушильного агента по зонам).

По данному каналу регулирования объект условно принимается одноемкостным, с самовыравниванием и описывается дифференциальным уравнением (1.1. а решение его 1.3,).

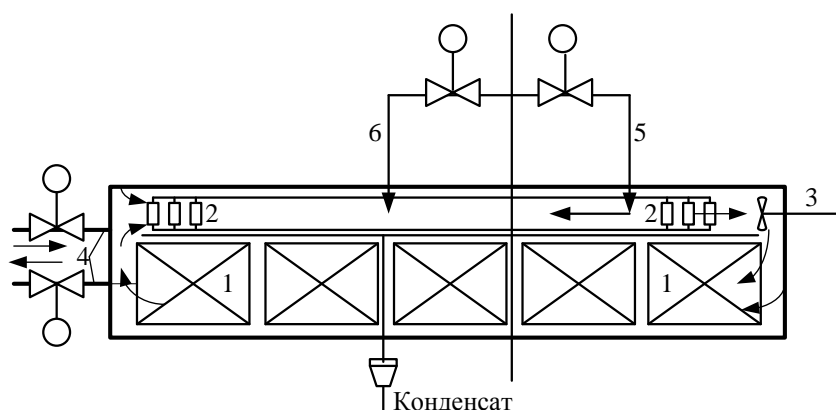


Рис. 2.10. Схема воздушно-паровой сушильной камеры непрерывного действия:
 1 - штабеля; 2 - калориферы; 3 - вентилятор; 4 - приточно-вытяжные каналы;
 5 - пропарочная линия; б - пар в калориферы

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
11	Камера Латгитпрома	Тем-ра сушиль-го агента — температура пара	3,2	6	-	0,31 °C/°C

ВАРИАНТ 12 ГАЗОВАЯ СУШИЛЬНАЯ КАМЕРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В установке (рис.2.12) сушку древесных материалов производят топочными газами, которые получаются при сжигании древесных отходов и после разбавления воздухом (в смесителе) направляются в сушильную камеру. Температура газов на входе в сушилку составляет 150...200 °C.

Для расчета САР регулируемым параметром служит относительная влажность сушильного агента до штабеля $W_0 = 0,5...0,8$ %. Регулирующее воздействие производится изменением подачи распыливаемой воды в сушильную камеру. По данному каналу регулирования объект является одноемкостным без самовыравнивания (астатическим).

Объект описывается дифференциальным уравнением. Скорость разгона

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\mu\omega}{T_a} = \omega_0 / \frac{d\varphi}{dt}$$

Максимально допустимое динамическое отклонение регулируемого параметра в переходном процессе $W_1 = 3\%$.

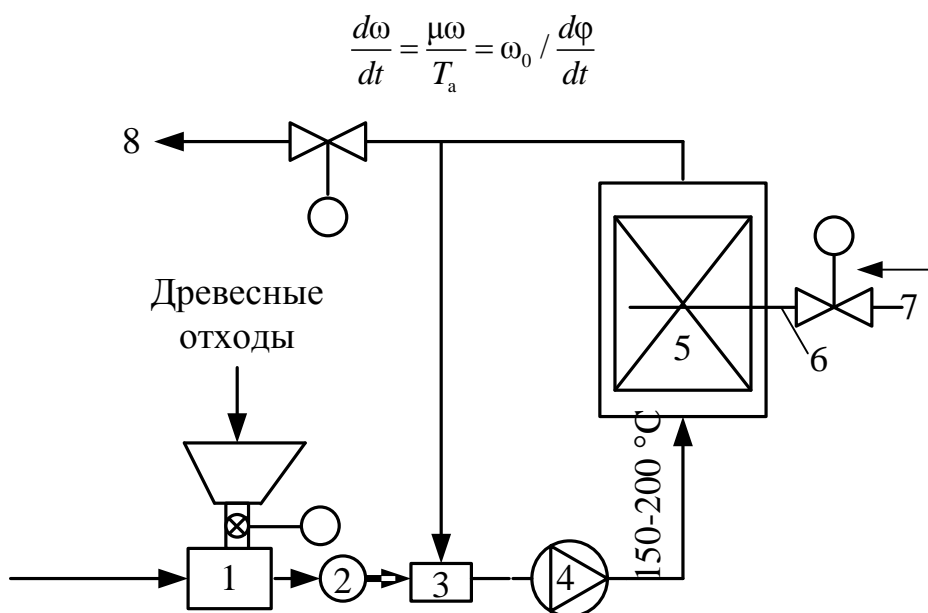


Рис. 2.12. Схема газовой сушильной камеры периодического действия:
 1 – топка; 2 – искрогасительный циклон; 3 – смеситель; 4 – вентилятор; 5 – штабель;
 6 – увлажнительная труба; 7 – водопровод; 8 – сброс отработанных газов

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
12	Газовая на древесных отходах	Относительная влажность сушильного агента % — масса воды (кг)	0,07	$T_a = 0,52$	-	-

ВАРИАНТ 13 КОТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА, РАБОТАЮЩАЯ НА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДАХ

Представляет собой паровой котел без пароперегревателя, но с экономайзером (рис.2.13). Топка рассчитана на сжигание древесных отходов влажностью до 50 %.

Для расчета САР регулируемым параметром служит уровень воды H в верхнем барабане котла. По данному каналу регулирования объект считается

однорольным без самовыравнивания (астатическим). Объект описывается уравнением (1.18) . $H_{\text{макс}} = 100$ мм. Скорость разгона, м/с.

$$\frac{dH}{dt} = \frac{\mu H_0}{T_a} = \frac{H_0}{\frac{d\phi}{dt}}$$

Максимально допустимое динамическое отклонение регулируемого параметра в переходном процессе $X_1 = 4\%$.

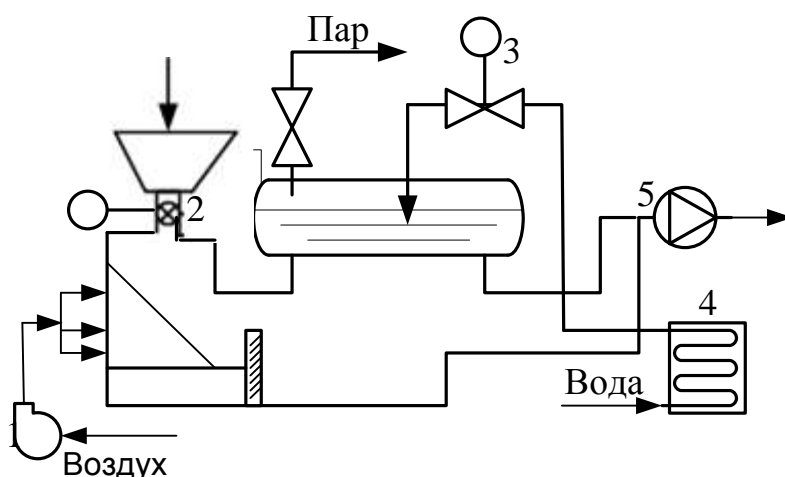


Рис. 2.13. Схема парового котла ДКВР на древесных отходах: 1 - дутьевой вентилятор; 2 - питатель топлива; 3 - регулирующий клапан; 4 - водяной экономайзер; 5 – дымосос

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
13	Котельная установка на древесных отходах	Уровень воды в верхнем барабане (м) — расход воды (кг/ч)	0,6	$T_a = 5,7$	-	-

ВАРИАНТ 14 ТЕПЛОФИКАЦИОННАЯ УСТАНОВКА ЛЕСПРОМХОЗА

Состоит из одного теплообменника горячего водоснабжения и двух отопительных бойлеров (рис.2.14). Бойлер представляет собой поверхностный теплообменник, в котором за счет теплоты пара (проходящего в межтрубном пространстве) подогревается сетевая вода (проходящая внутри трубок).

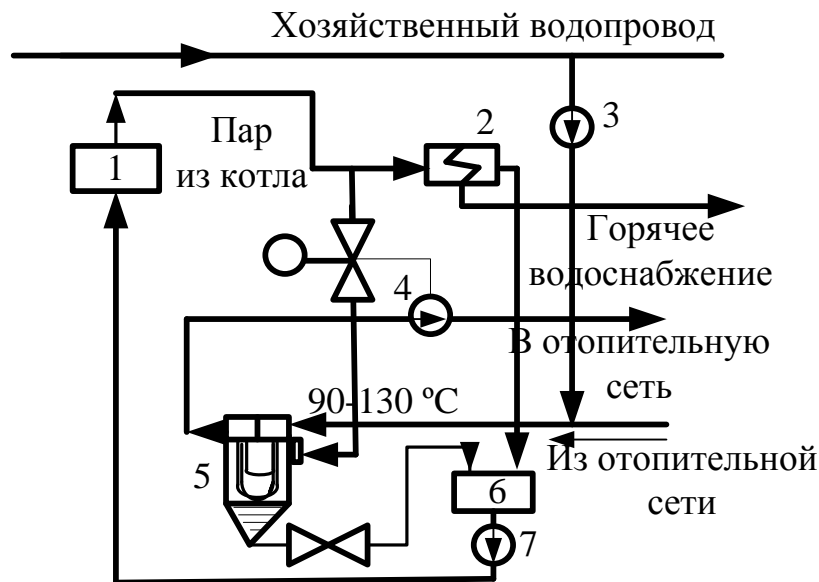


Рис. 2.14. схема теплофикационной установки: 1 - паровой котел; 2 - бойлер горячего водоснабжения; 3 - подпиточный насос; 4 - сетевой насос; 5 - теплофикационный бойлер; 6 - бак конденсата; 7 - конденсатный насос

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура прямой воды после бойлера $U_0=90\dots130\text{ }^\circ\text{C}$ (в зависимости от температуры наружного воздуха). Регулирующее воздействие производится изменением количества греющего пара, поступающего в бойлер. Объект описывается уравнением (1.6, а решение его 1,8).

Максимально допустимое динамическое отклонение в переходном процессе $X_1 = 3\text{ }^\circ\text{C}$. Допустимая остаточная неравномерность $X_{\text{ост}} = \pm 1.5\text{ }^\circ\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
14	Теплофикационная установка	Температура воды после бойлера — расход пара	0,2	0,34	1,16	0,62 °C/кг/ч

ВАРИАНТ 15 СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ СТАЦИОНАРНОГО ДИЗЕЛЯ

Для дизельной станции леспромхоза рекомендуется двухконтурная система охлаждения (рис.2.15). Для расчета САР регулируемым параметром служит температура воды на выходе из головки дизеля $U_0 = 70\text{ }^\circ\text{C}$. Регулирующее воздействие производится изменением количества охлаждающей воды, посту-

пающей в теплообменник из вторичного контура. Объект описывается уравнением (1.6, а решение его 1,8).

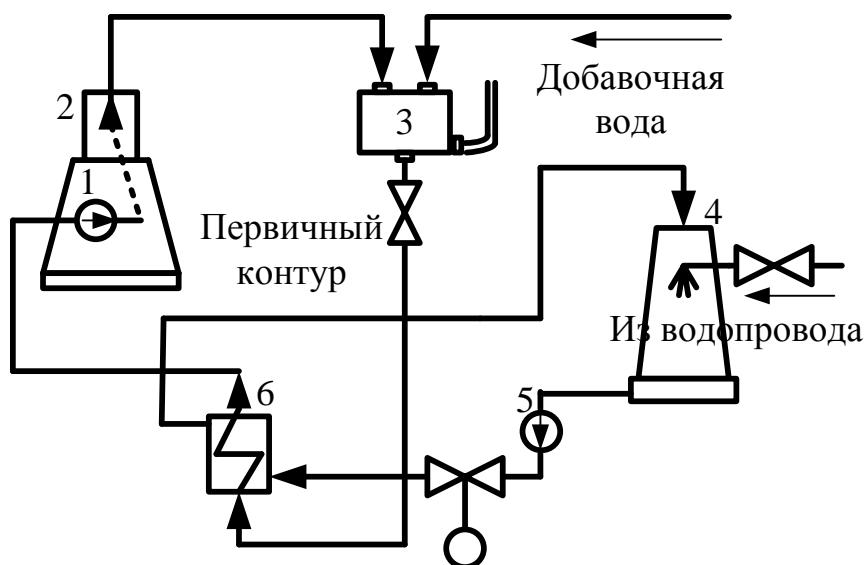


Рис. 2.15. Схема водяного охлаждения дизеля: 1 – насос двигателя; 2 – дизель; 3 – расширительный бак; 4 – градирня; 5 – насос вторичного контура; 6 – теплообменник

Максимальное динамическое отклонение параметра в переходном процессе $X_1 = 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Допустимая остаточная неравномерность $X_{\text{ост}} = \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
15	Система охлаждения дизеля	Температура воды из головки дизеля — расход воды	0,167	0,34	0,67	0,18 $^\circ\text{C}/\text{кг}/\text{ч}$

ВАРИАНТ 16 СИСТЕМА МАСЛОПОДГОТОВКИ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Масло закачивается в расходный бак с помощью ручного насоса. Часть масла используется после регенерационной установки. Внешняя часть масляной системы снабжена фильтрами тонкой очистки и масляным охладителем, представляющим собою поверхностный теплообменник. Внутри трубок охладителя протекает охлаждающая вода, а с наружной стороны — масло (рис. 2.16).

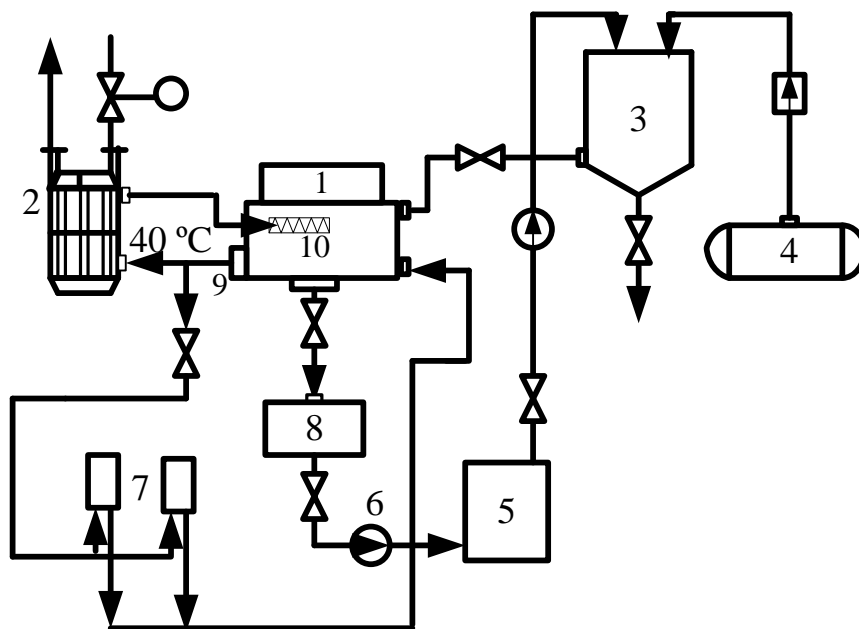


Рис. 7. Схема масляной системы дизельной электростанции: 1 - дизель; 2 – маслоохладитель; 3 – расходный бак; 4 – бочка с маслом; 5 – маслорегенерационная установка; 6 – откачивающий насос; 7– фильтры тонкой очистки; 8 – бак отработанного масла; 9 – масляный насос; 10 – фильтр первичной очистки

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура масла после маслоохладителя $T_0 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Объект двухемкостный с самовыравниванием, описывается уравнением (1.6, а решение его 1.8).

Максимально допустимое отклонение параметра $X_4 = 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Допустимое остаточное отклонение $X_{\text{ост}} = \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
16	Система масло-подготовки дизе-льной э/станции	Температура мас-ла после маслоох-ладителя — расход воды	0,134	0,24	0,47	0,17 $^{\circ}\text{C}/\text{кг}/\text{ч}$

ВАРИАНТ 17 МОЕЧНАЯ УСТАНОВКА РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ МАСТЕРСКОЙ

Машины моют на специальной установке (рис. 2.17). Вода, предварительно подогретая до температуры $65\text{...}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и подщелоченная кальциниро-

ванной содой (до 3...5 % нормального раствора), распыливается через сопла под давлением 0,4...0,5МПа.

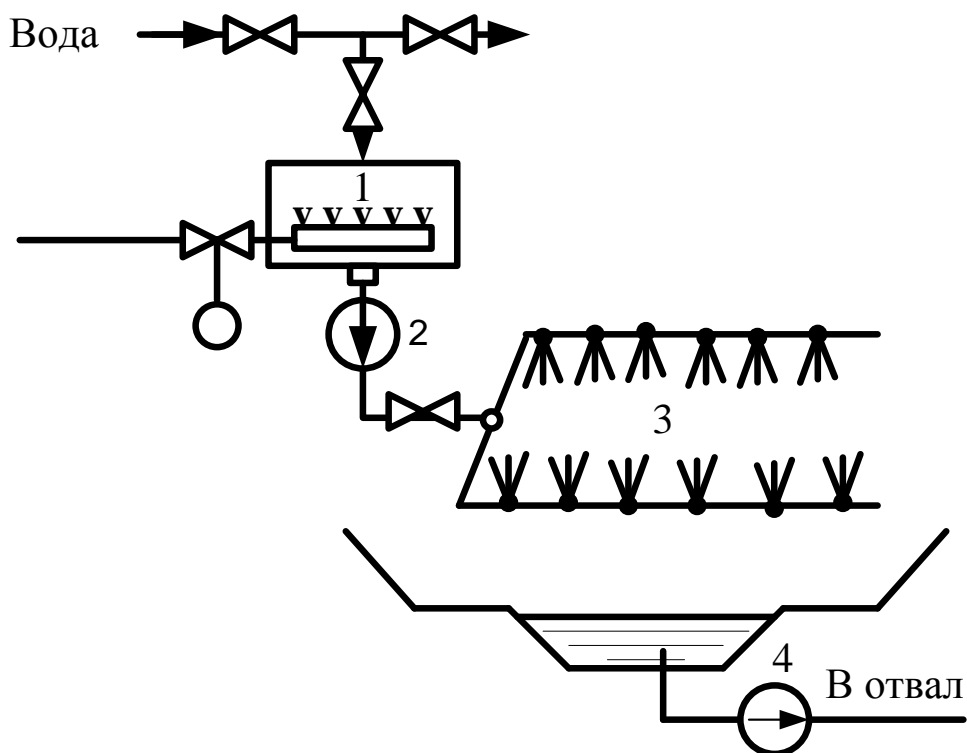


Рис. 2.17. Схема масляной установки РММ: 1 – смешивающий подогреватель; 2 – водяной насос; 3 – распыливающие трубы с соплами; 4 – откачивающий насос; 5 – бак для раствора кальцинированной соды

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура подогретой воды после теплообменника $T_0=75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Объект описывается уравнением (1.1, а решение его 1.3).

Максимально допустимое отклонение регулируемого параметра $X_1=5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Допустимое остаточное отклонение $X_{\text{ост}} = \pm 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
17	Моечная установка РММ	Температура воды после теплообменника – расход пара	0,4	2	-	0,5 $^{\circ}\text{C}/\text{кг}/\text{ч}$

ВАРИАНТ 18
ЭНЕРГОХИМИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ С ГАЗОГЕНЕРАТОРОМ
ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Измельченные древесные отходы поступают в газовую сушилку, в которую подаются горячие дымовые газы, приготовленные в топке-смесителе за счет сжигания генераторного газа (рис. 2.18).

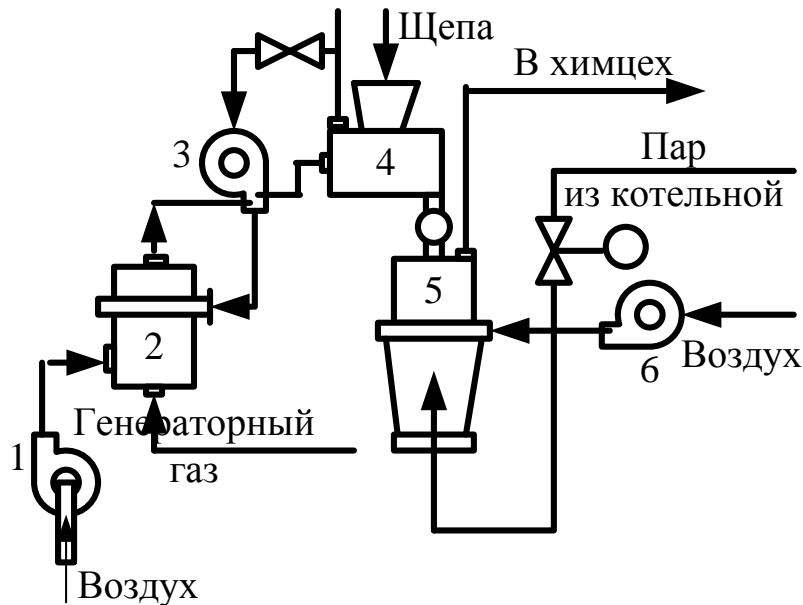


Рис. 2.18. Схема энергохимической установки по использованию отходов:
1 – дутьевой вентилятор; 2 – топка-смеситель; 3 – дымосос; 4 – сушилка;
5 – газогенератор; 6 – вентилятор, подающий воздух в газогенератор

Высушенная щепа влажностью 25 % через роторный питатель подается в газогенератор. Для осуществления процесса газификации в газогенератор вентилятором подается воздух в смеси с насыщенным паром. Парогазовая смесь из газогенератора отсасывается и направляется в химцех для улавливания химических продуктов и получения генераторного газа.

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура паровоздушной смеси $T_0 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$. По данному каналу регулирования объект одно-емкостный с самовыравниванием описывается уравнением (1.1, а решение его 1.3).

Максимально допустимое отклонение параметра $X_1 = 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Допустимое остаточное отклонение $X_{\text{ост}} = \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
18	Энергохимическая установка	Температура паровоздушной смеси — расход пара	0,083	0,2	-	0,17°C/кг/ч

ВАРИАНТ 19 ЦЕХ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ (ХРОМИРОВАНИЕ) РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ МАСТЕРСКОЙ

Износостойкое покрытие деталей хромом производится в хромовой электролитической ванне, толщина покрытия 0,15...0,30 мм. Главным компонентом ванны является хромовый ангидрид CrO_3 в количестве 250 г/л. Температура ванны $T_0 = 55$ °С. Для лучшей электропроводности электролита туда вводится серная кислота в количестве 2,5 г/л. Сила тока определяется из расчета удельной плотности 1 $дм^2$ поверхности покрываемых изделий и составляет 30...40 $А/дм^2$. Источником постоянного тока служит мотор-генератор с силой тока 500/250 А и напряжением 6/12 В (рис. 2.19).

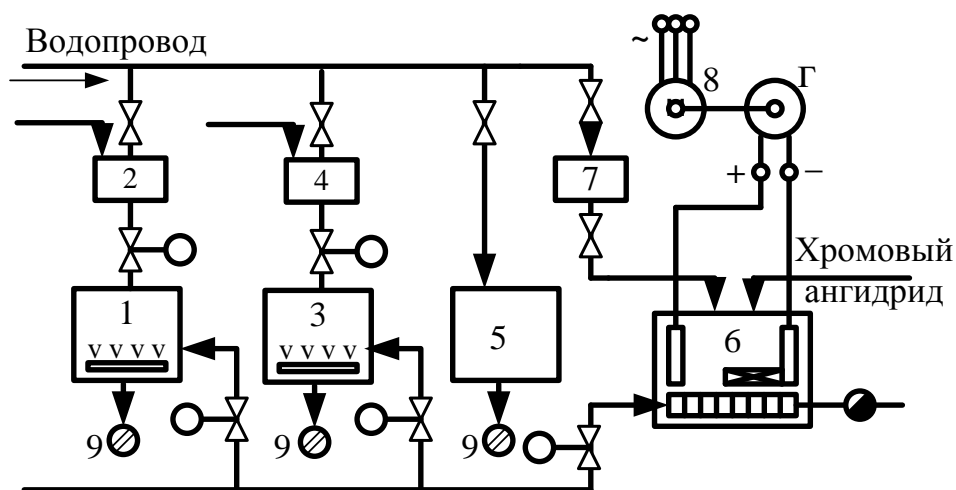


Рис. 2.19. Схема хромирования РММ: 1 – ванна обезжиривания, 2 – бак с раствором трина-трифосфата; 3 – ванна травильная; 4 – бак с раствором соляной кислоты; 5 – ванна промывочная; 6 – ванна хромирования; 7 – бак с раствором серной кислоты; 8 – мотор-генератор; 9 – сброс в отвал

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура хромовой ванны $T_0 = 55$ °С. Вода подогревается трубчатым паровым змеевиком, про-

ложенным в днище ванны. Объект описывается уравнением (1.6, а решение его 1.8).

Максимально допустимое динамическое отклонение параметра $X_1 = 3 \text{ }^\circ\text{C}$. Допустимая остаточная неравномерность $X_{\text{ост}} = \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{\text{об}}$
19	Цех хромирования	Температура в ванне — расход пара	0,167	0,34	0,67	0,28 $^\circ\text{C}/\text{кг/ч}$

ВАРИАНТ 20

БАРАБАННАЯ СУШИЛКА ДЛЯ ДРЕВЕСНОЙ СТРУЖКИ

Дымовые газы, разбавленные воздухом, имеют на входе в барабан температуру около $350 \text{ }^\circ\text{C}$. На выходе из барабана сушильный агент имеет температуру $T_0 = 120 \text{ }^\circ\text{C}$. На рис. 2.20 показан принцип регулирования процесса сушки по температуре газов на выходе из барабана с регулирующим воздействием на подачу воздуха в смесительную камеру. Объект описывается уравнением (1.1, а решение его 1.3).

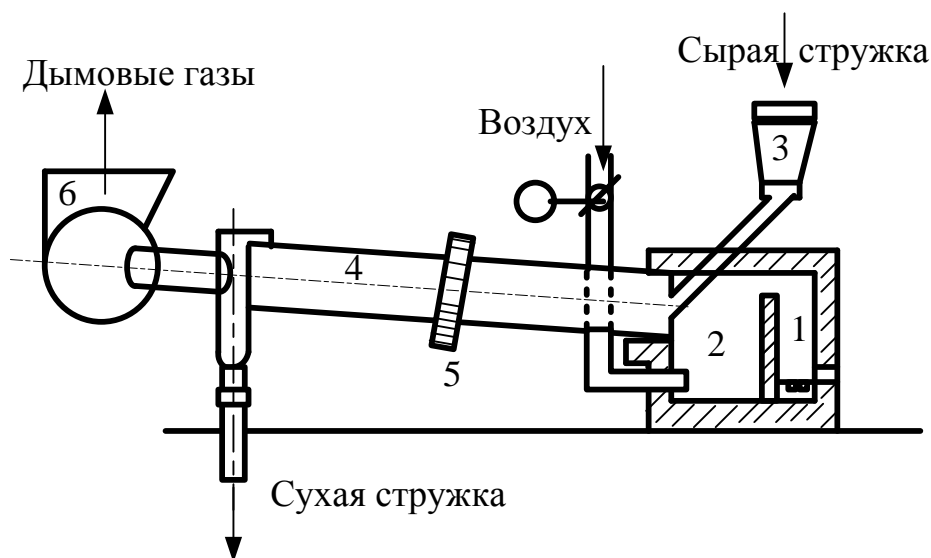


Рис 2.20. Барабанная сушилка для древесной стружки: 1 – топка; 2 – смеситель; 3 – загрузочное устройство; 4 – барабан; 5 – приводная шестерня; 6 – дымосос

Максимально допустимое динамическое отклонение $X_1 = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Допустимое остаточное отклонение $X_{\text{ост}} = \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
20	Барабанная сушилка	Температура агента — % хода РО	1,1	2,4	-	1,78°C/ %РО

ВАРИАНТ 21 УСТАНОВКА ДЛЯ ВАРКИ КЛЕЯЩЕЙ СМОЛЫ

Сначала реактор с помощью мерников заполняется фенолом, формалином и катализатором (едкий натр). Затем включают мешалку и подают пар в рубашку реактора, поднимая температуру реакционной смеси до $T_0 = 70...75$ °С. Дальнейший подъем температуры происходит за счет экзотермической реакции; при этом температуру поддерживают в пределах 95...100 °С за счет подачи охлаждающей воды в рубашку реактора. Конденсатор (холодильник) служит для конденсирования образующихся в реакторе паров (рис. 2.21). Сушка смолы (удаление воды) происходит под действием вакуум-насоса (вакуум в реакторе достигает 500...600 мм рт. ст.).

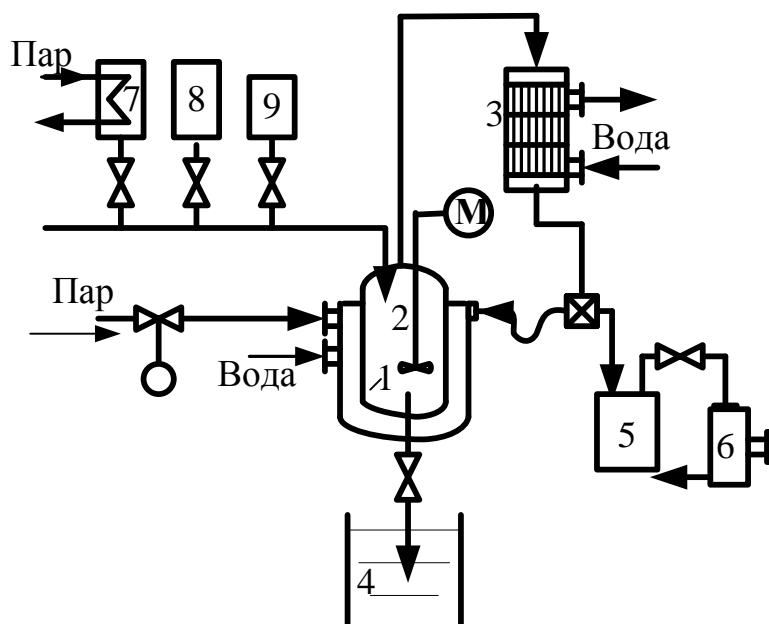


Рис. 2.21. Установка для варки клеящей смолы: 1 – варочный реактор; 2 – мешалка; 3 – холодильник; 4 – емкость для смолы; 5 – сборник конденсата; 6 – вакуум-насос; 7 – мерник фенола; 8 – мерник формалина; 9 – мерник катализатора

Реактор описывается уравнением (1.6, а решение его 1,8). Регулируемым параметром является температура в процессе нагрева реактора, регулирующее воздействие оказывается на подачу пара в рубашку реактора.

Максимально допустимое динамическое отклонение параметра $X_1=2$ °С. Допустимая остаточная неравномерность $X_{ост} = \pm 1$ °С.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_o , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
21	Установка для варки смолы	Температура смеси — расход пара	0,2	0,167	0,54	0,23°С/ кг/ч

ВАРИАНТ 22

УСТАНОВКА ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В качестве теплоносителя применяется перегретая вода с температурой $T_0 = 180...190$ °С. Подогрев воды производится в аккумуляторе за счет теплоты греющего пара, поступающего из барабана котла. В аккумуляторе поддерживается постоянный уровень воды (рис.2. 22). Рассматривая аккумулятор как смешивающий теплообменник, применяем для описания уравнение (1.1, а решение его 1.3).

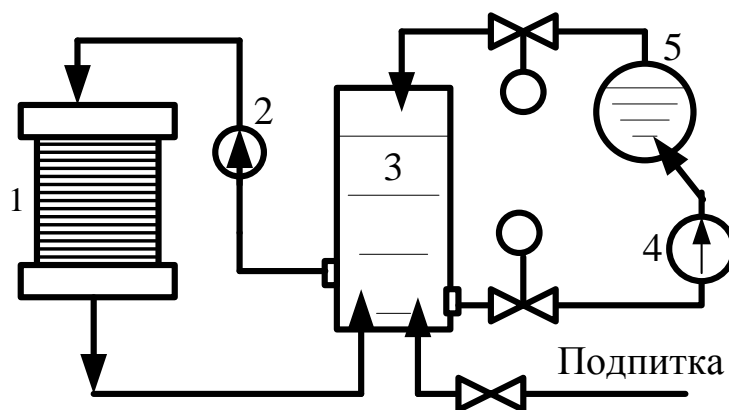


Рис. 2.22. Водоподготовительная установка для горячего пресса: 1 – пресс; 2 – насос горячей воды; 3 – аккумулятор; 4 – конденсатный насос; 5 – барабан котла

Максимально допустимое динамическое отклонение параметра $X_1=4$ °С.

Допустимое остаточное отклонение $X_{ост} = \pm 2$ °С.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
22	Установка для водоподготовки	Температура воды аккумулятора — расход пара	0,5	2	-	0,22°C/ кг/ч

ВАРИАНТ 23 УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВТОКЛАВЕ

Автоклав сообщается с вакуум-насосом для обеспечения эффективной пропитки древесных материалов маслянистыми антисептиками. Пропиточный раствор подогревается паром в трубчатом теплообменнике до $T_0 = 90...95$ °С (рис. 2.23). Насос служит для создания в автоклаве гидравлического давления до 0,8 МПа.

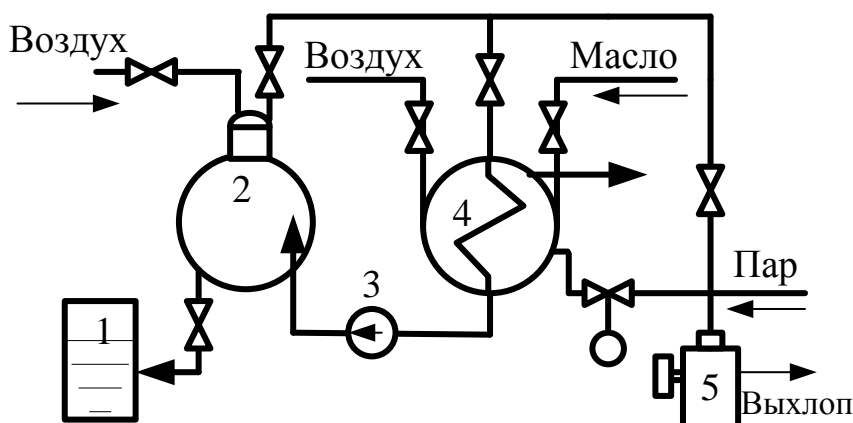


Рис. 2.23. Установка для пропитки древесных материалов в автоклаве:
1 – бак использованной жидкости; 2 – автоклав; 3 – насос для закачки пропиточной жидкости; 4 – подогреватель жидкости; 5 – вакуум-насос

Регулируемым параметром является температура пропиточного раствора в теплообменнике, регулирующее воздействие оказывается на подачу пара. Объект описывается уравнением (1.6, а решение его 1.8).

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автоматизации	Канал регулирования	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
23	Установка для пропитки	Температура пропиточного раствора — расход воды	0,17	0,16	0,42	0,24°C/ кг/ч

ВАРИАНТ 24 ВАРОЧНЫЙ БАССЕЙН С МОТОВИЛОМ ДЛЯ ПРОВАРКИ ЧУРАКОВ

Насыщенный пар подается в барботажную трубу и подогревает воду до $T_0 = 60^\circ$

С (в зимнее время). Насос подает в бассейн свежую воду для поддержания заданного уровня.

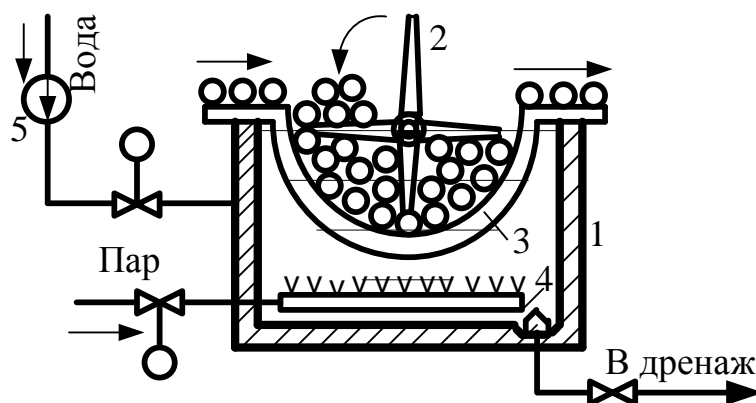


Рис. 2.24. Варочный бассейн для пропарки чураков: 1 – стенки бассейна; 2 – мотовило; 3 – рельсы; 4 – барботажная паровая труба; 5 – насос для подачи воды

Регулируемым параметром является температура воды в бассейне, регулирующее воздействие осуществляется изменением подачи пара (рис.2.24). Объект описывается уравнением (1.1, а решение его 1.3).

Максимально допустимое динамическое отклонение параметра $X_1 = 5^\circ\text{C}$. Допустимое остаточное отклонение $X_{\text{ост}} = \pm 2,5^\circ\text{C}$.

Статические и динамические характеристики камеры приведены в таблице.

№	Объект автом-и	Канал регулир-ия	τ_0 , мин	T_1 , мин	T_2 , мин	$K_{об}$
24	Варочный бассейн	Температура воды — расход пара	156	522	-	$0,30^\circ\text{C}/\text{кг/ч}$

3. Функциональные схемы автоматизации

Перед началом работы необходимо прочитать и изучить раздел «функциональные схемы автоматизации» (ФСА) по [1,6].

Для заданного объекта управления (под объектом управления понимается совокупность основного и вспомогательного оборудования вместе с встроенными в него запорными и регулируемыми органами, а также энергии, сырья и других материалов) разработать функциональную схему автоматизации. При изучении необходимо обратить внимание на:

- ЗАДАЧИ, решаемые при разработке ФСА;
- РЕЗУЛЬТАТ составления ФСА;
- ПРИНЦИПЫ, которыми следует руководствоваться при разработке ФСА. Пример функциональной схемы автоматизации представлен на рис. 1.

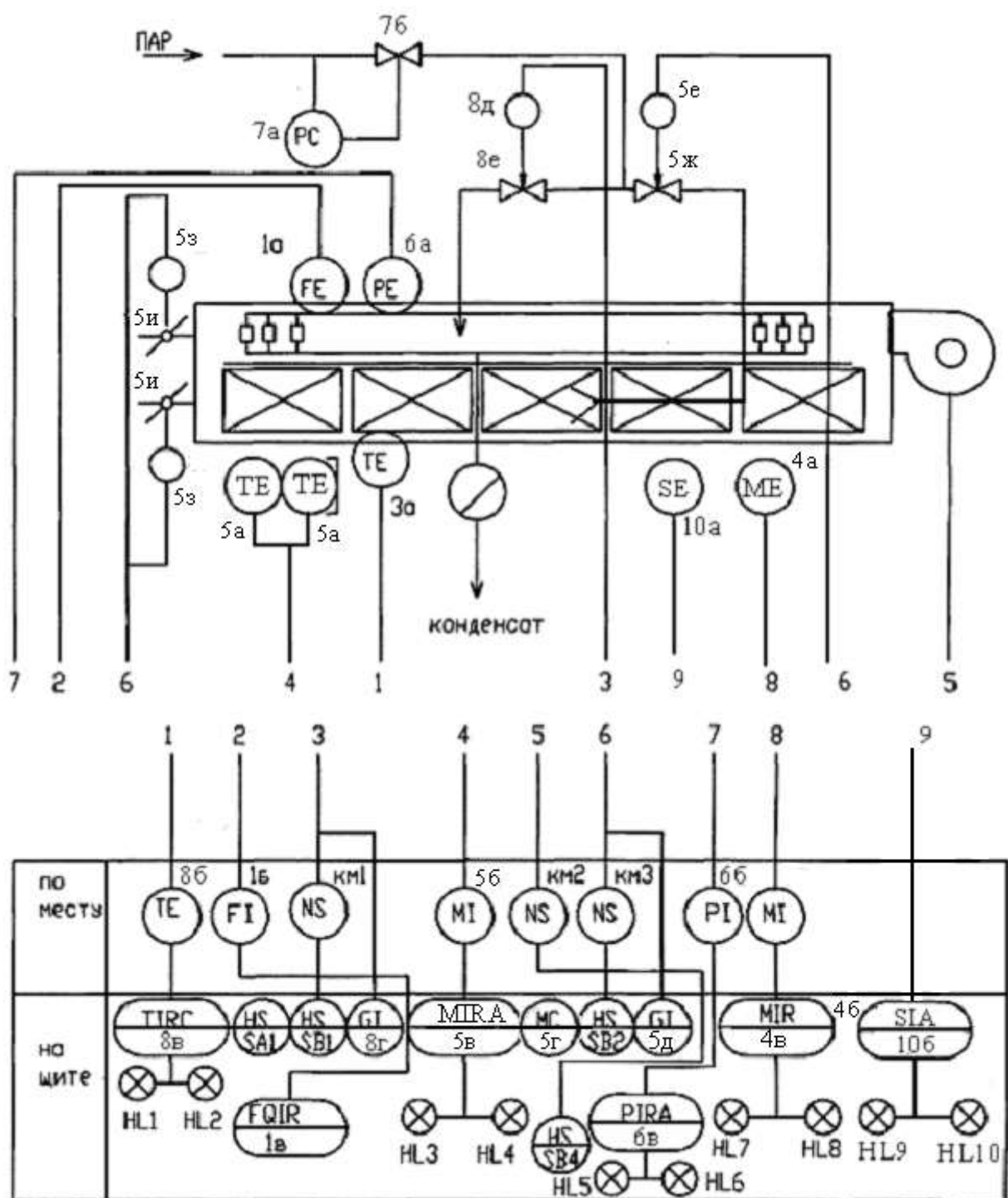


Рис. 3.1. Функциональная схема автоматизации

3. 1. Выбор регулируемых величин

Поскольку основными устройствами автоматики, определяющими поддержание заданного технологического режима, являются регуляторы, то целесообразно, в первую очередь, наметить регулируемые параметры. В соответ-

ствии с выбранными параметрами устанавливаются каналы внесения регулирующих воздействий. Выбор регулируемых величин и каналов внесения воздействий производится на основе анализа характеристик объекта управления, его связей с другими объектами технологического процесса.

Существенным является рассмотрение возможностей стабилизации входных параметров, изменение которых вносит в объект управления наиболее сильные возмущения. Большинство установок являются многоемкостными объектами, как правило, с несколькими регулируемыми величинами, связанными между собой. В таких объектах регулирующие воздействия, направленные на устранение отклонений одной регулируемой величины, оказывают влияние на другие. В случае таких сложных объектов, желательно в качестве регулируемых выбирать параметры, которые не связаны между собой, либо вводить в цепи регулирования дополнительные воздействия, компенсирующие внешние связи между отдельными каналами регулирования.

3.2. Выбор контролируемых величин

Контролю подлежат те параметры, измерение текущих значений которых облегчает пуск, наладку и ведение технологического процесса. К их числу обычно относятся входные величины, при изменении которых в объект поступают возмущающие воздействия. При оперативном управлении возникает необходимость контролировать наиболее важные выходные величины, например, количество, качество и состав получаемого готового продукта. При необходимости проверять или регулировать текущие значения большого числа однотипных величин следует устанавливать устройство автоматики по вызову.

С целью получения данных, необходимых для хозрасчетных операций и определения технико-экономических показателей, следует контролировать такие теплоэнергетические показатели, как количество потребляемой электроэнергии, тепла, пара, конденсата и т.п.

3.3. Выбор сигнализируемых величин

К выбору сигнализируемых величин следует приступить после анализа объекта в отношении его взрыво- и пожароопасности, токсичности и агрессивности перерабатываемых продуктов и других специфических, особенностей производства.

Сигнализации подлежат все параметры, изменение которых может привести к аварии или серьезному нарушению технологического процесса. К ним относятся, например, концентрация взрывоопасных веществ в воздухе производственных помещений, уровень жидкостей или сыпучих в различного рода емкостях и аппаратах, давление или температура и т.д. Если к отклонению регулируемых или контролируемых величин предъявляются жесткие требования, то они одновременно являются и сигнализируемыми. Как правило, сигнализируются параметры регулирования в многоконтурных САР, остановка оборудования (ведущая к аварии или в моменты, не предусмотренные технологическим регламентом, вследствие ошибочных команд или отказов), достижения предельных значений параметров и т.д.

По назначению сигнализация подразделяется на несколько видов в зависимости от характера последствий изменений сигнализируемых величин. Технологическая сигнализация выполняет функции предупреждения, как о допустимых, так и аварийных значениях параметров.

Сигнализация положения информирует о состоянии контролируемых объектов и устройств; сигнализация действия защиты и автоматики – о состоянии соответствующих элементов управления.

3.4.Выбор параметров систем автоматической защиты

Специфические условия протекания многих процессов определяют возможность аварийных ситуаций, которые в случае развития аварии могут привести к последствиям различной тяжести, вплоть до разрушения оборудования, взрыва. К числу таких потенциально опасных производств относятся процессы, протекающие в условиях интенсивного тепловыделения, при высоких значениях температуры, давления.

В ходе анализа технологических процессов необходимо устанавливать возможности развития аварийных ситуаций, давать оценку их возможных последствий с целью определения наиболее показательных характеристик процесса, которые могут быть использованы для прогнозирования и предупреждения аварий. Такими характеристиками обычно является давление и температура в установках, отклонения расхода и концентрации реагентов или взрывоопасных веществ в воздухе производственных помещений от регламентных. Допустимые границы изменений указанных параметров определяют значения уста-

вок автоматических систем защиты, в функции которых входит осуществление таких мероприятий, как прекращение подачи реагентов, способствующих развитию аварии; снижение давления или температуры; включение резервных агрегатов насосов, вентиляционных установок; включение систем пожаротушения.

3. 5. Выбор приборов и средств автоматизации

При создании современных систем автоматизации важной проблемой является выбор необходимых приборов и средств автоматизации.

Необходимо выбирать устройства, которые отвечают следующей совокупности из трех признаков [9]:

- предназначенности для использования в системе автоматизации, контроля, регулирования и управления производственными процессами;
- автоматического выполнения рабочих функций в системе без участия человека, поскольку назначение самой системы – автоматизация;
- наличия конструктивно оформленной возможности для устойчивой связи входа или выхода устройства с объектом управления, другими устройствами, оператором, что позволяет создавать законченные системы.

В основу методики выбора приборов и средств автоматизации положены функции изделий.

Удобство состоит в том, что устройства, выполняющие одинаковые функции, собраны вместе, в пределах одного элемента матрицы.

В том 1 Каталога включены приборы для измерения, контроля температуры, работа которых основана на различных методах измерения (жидкостные термометры, биметаллические термометры, термопреобразователи сопротивления, термоэлектрические преобразователи, пирометры, цифровые термометры).

Измерение температуры непосредственным сравнением с единицей измерения невозможно, и поэтому устройство приборов для измерения температуры основано на физических свойствах тел, связанных определенной зависимостью с температурой. Наиболее широко используются тепловое расширение тел; давление газов, паров и жидкостей; электрическое сопротивление проводников; термоэлектродвижущая сила; энергия излучения раскаленных тел.

На этих свойствах основан принцип действия следующих приборов:

Жидкостные стеклянные термометры относятся к приборам, принцип действия которых основан на тепловом расширении жидкости.

Биметаллические термометры имеют чувствительные элементы в виде пружин различной формы, выполненные из двух металлов с разными коэффициентами линейного расширения. Под влиянием температуры изменяется кривизна пружины. Изменение кривизны используется для перемещения измерительного устройства термометра.

Манометрические термометры относятся к приборам, принцип действия которых основан на свойстве жидких и газообразных веществ, заключенных в замкнутом объеме, изменять свое давление в зависимости от температуры. Чувствительным элементом в манометрических термометрах служат манометрические пружины. Манометрические термометры разделяются на газовые, жидкостные и парожидкостные. В газовых термометрах замкнутый объем заполняется газом, в жидкостных – жидкостью с температурой кипения выше верхнего предела измерения, в паровых – жидкостью с температурой кипения ниже значения нижнего предела измерения температуры, причем в этом случае жидкостью заполняется, только часть чувствительного элемента – термобаллона. Чувствительным элементом кварцевых термометров является термобаллон, заполняемый жидкостью.

Термопреобразователи сопротивления (термометры сопротивления) относятся к приборам, принцип действия которых основан на свойствах металлов и сплавов изменять электрическое сопротивление в зависимости от температуры. Чувствительный элемент термометров сопротивления изготавливается из тонкой проволоки, намотанной на изоляционный материал. Для серийного изготовления термометров сопротивления применяется платиновая и медная проволока.

Термоэлектрические преобразователи (термопары) относятся к приборам, принцип действия которых основан на термоэлектрическом эффекте. Если в цепи, состоящей из двух различных проводников, концы которых соединены, нагревать одну из точек соединения, в цепи возникает термоэлектродвижущая сила (термоЭДС).

Пирометры излучения относятся к приборам, принцип действия которых основан на зависимости энергии излучения нагретых тел от температу-

ры. К ним относятся оптические и радиационные пирометры. Оптический пирометр измеряет температуру по яркости накаливаемого тела и основан на принципе фотометра. Радиационный пирометр служит для измерения температуры по тепловому эффекту от излучения накаливаемого тела.

Цифровые термометры представляют собой комплект, состоящий из термопреобразователя и электронного блока.

По выходному сигналу приборы выпускаются с выходным унифицированным токовым сигналом и другими сигналами.

В том 2 Каталога включены приборы для измерения, контроля и сигнализации давления, перепада давления, работа которых основана на различных методах измерения и принципах действия. По принципу действия приборы разделяются на: пружинные, сильфонные, мембранные, поршневые, колокольные, электрические, ионизационные.

По способу представления информации приборы могут быть показывающие (со стрелочной или цифровой индикацией), самопишущие, с электрическим (в том числе сигнализирующие) и пневматическим выходными сигналами.

Измерительные преобразователи предназначены для получения информационного сигнала о давлении для дальнейшего использования его в системах управления. Информационный унифицированный сигнал может быть электрическим в форме тока, напряжения, частоты, индуктивности, сопротивления, а также пневматическим. Преобразователи могут также иметь отсчетные устройства для представления информации оператору.

Представлены также дифференциальные манометры. Дифференциальные манометры в основном предназначены для измерения расхода жидкостей, газа и пара по перепаду давления в сужающих устройствах. Вместе с тем дифференциальные манометры могут быть использованы также и для измерения статического давления или разрежения в пределах их максимальных перепадов.

В том 3 Каталога включены приборы для измерения расхода и количества жидкости газа, пара, а также приборы для измерения расхода тепловой энергии и параметров теплоносителя, работа которых основана на различных методах измерения и принципах действия.

Приборы для измерения расхода и количества жидкости, газа и пара по методу измерения разделяются на: ротационные, турбинные, оптические, струйные, по переменному и постоянному перепаду давления, электромагнитные, ультразвуковые, акустические, вихревые, массовые (кориолисовые и др.), разные.

Кроме того в каталог включены приборы для измерения тепловой энергии и параметров теплоносителей (теплосчетчики). Теплосчетчики конструктивно подразделяются на компактные и составные. В компактных теплосчетчиках вычисление тепла реализуется в электронике, вмонтированной в водосчетчик, который комплектуется парой термопреобразователей. В составных теплосчетчиках функции вычисления тепла реализуются в отдельном блоке – тепловычислителе. Они комплектуются преобразователями объема (расхода), температуры и давления теплоносителя.

По методу измерения расхода теплосчетчики сгруппированы по следующим разделам: турбинные, электромагнитные, ультразвуковые, вихревые, смешанные.

В каталоге выделен раздел по приборам для измерения расхода и количества газа и воды для коммунально-жилищного хозяйства (бытовые счетчики газа и водосчетчики).

В том 4 Каталога включены приборы для измерения и регулирования уровня жидкости и сыпучих материалов.

Приборы контроля уровня, серийно выпускаемые изготовителями, отличаются большим разнообразием, как по методам измерений, так и по конструктивному исполнению. Это объясняется различной спецификой контролируемых сред: степенью их агрессивности, взрывоопасности, электропроводности, плотности и другими характеристиками, условиями эксплуатации, метрологическими характеристиками и т.д.

Все приборы контроля уровня, включенные в данный каталог, в зависимости от методов измерений разбиты по следующим группам: электромеханические вибрационные, электромеханические поплавковые, гидростатические (буйковые), электрические (емкостные, кондуктометрические, сопротивления), дифманометры-уровнемеры, радиоизотопные, электронные, оптоэлектронные, радиоэлектронные, радарные, ультразвуковые.

Также в каталог включены разделы: сигнализаторы уровня и датчики-реле уровня.

В том 5 Каталога включены приборы для определения состава и свойств газа, жидкости, твердых и сыпучих веществ, серийно выпускаемые изготовителями, отличаются большим разнообразием, как по методам измерений, так и по конструктивному исполнению. Это объясняется различной спецификой контролируемых сред: степенью их агрессивности, взрывоопасности, электропроводности, плотности и другими характеристиками, условиями эксплуатации, метрологическими характеристиками и т.д. Все приборы для определения состава и свойств газов, жидкостей, твердых и сыпучих веществ, включенные в данный каталог, в зависимости от назначения разбиты по следующим разделам: газоанализаторы; анализаторы жидкостей (рН-метры, кислородомеры, солемеры и др.); анализаторы аэрозолей, твердых и сыпучих веществ; хроматографы; влагомеры; плотномеры газов и жидкостей и др.

В каталоге выделен раздел «Приборы для определения состава и свойств газов, жидкостей; твердых и сыпучих веществ экологического контроля». Данный раздел представлен не полностью, т.к. часть приборов помещены в другие разделы данного каталога. Эти приборы могут применяться как для экологии, так и для других различных отраслей промышленности.

В том 6 Каталога включены приборы вторичные (мосты, потенциометры, вторичные приборы с входным сигналом переменного напряжения, с входными унифицированными сигналами постоянного тока и напряжения, узкопрофильные приборы и др.) отечественного и зарубежного производства.

Приборы вторичные, серийно выпускаемые изготовителями, отличаются рядом характеристик: по принципу действия, по виду показаний (показывающие или самопишущие), по виду диаграммы (ленточная, дисковая), по габаритным размерам, по конструктивному исполнению (щитовое, настенное или настольное исполнение).

В том 7 Каталога включены приборы электрические и пневматические, преобразователи электропневматические, пневмоэлектрические и электроэлектрические, приборы для сложных многоконтурных систем; механизмы исполнительные электрические однооборотные, многооборотные, прямоходные и пневматические.

В каталоге можно выбрать датчики-реле температуры, давления, перепада давления и разрежения, уровня; сигнализаторы давления, перепада давления, уровня. Также можно выбрать устройства для управления вспомогательными механизмами, пускатели, указатели положения, перемещения, сигнализаторы конечных положений, позиционеры, панели управления, оперативные, задающие и вспомогательные устройства.

В Том 8 Каталога включены программно-логические контроллеры (ПЛК) и программно-технические комплексы (ПТК).

Программно-логические контроллеры (ПЛК), серийно выпускаемые изготовителями, отличаются большим разнообразием модулей: модули дискретных входов/выходов; коммуникационные модули; модули аналоговых входов/выходов; модули терморегуляторов; модули ПИД-регулятора; модули контроля движения и других технических характеристик (быстродействие, количество каналов ввода/вывода, уровня напряжения входа/выхода).

Учитывая специфику устройств, критерии оценки можно разделить на три группы:

- технические характеристики: количество входов/выходов; быстродействие; уровни напряжения входов/выходов; напряжение изоляции;
- эксплуатационные характеристики: диапазон рабочих температур; относительная влажность воздуха;
- потребительские свойства: производительность; надежность; затраты; масса и габариты.

Объем технических данных, представленных в каталоге для каждого типа контроллера, не является исчерпывающим, однако он содержит достаточно данных для выбора ПЛК. Единая форма таблицы технических данных для всех типов контроллеров представляет возможность сравнительного анализа ПЛК различных фирм по основным техническим показателям.

Выбор технических средств автоматизации можно производить в Интернете изготовителей и дистрибьюторов. Список изготовителей и дистрибьюторов приведен в приложении 1.

4. Выбор измерительных средств КИПиА

К устройствам получения информации относятся датчики, кнопки, табуляторы и клавиатура, устройства, формирующие сигналы для передачи на рас-

стояние. Передача информации осуществляется либо непосредственно через каналы связи (при небольших дистанциях или специально выделенных каналах связи), либо через устройства телемеханики (на большие расстояния). Передача сигналов от многих источников в одно место достигается при помощи устройств централизованного контроля.

К средствам представления информации относятся показывающие стрелочные, цифровые, символьные и др. индикаторы, самопишущие приборы, печатающие устройства и графопостроители. Для лучшего восприятия широко применяется метод визуального контроля с помощью устройств отображения информации, промышленного телевидения, мнемонических схем. При большом количестве информации, необходимости её предварительного логического и математического анализа или синтеза, в связи с решением сложных экономических, технологических и иных задач, а также при управлении современными технологическими и энергетическими комплексами применяют средства вычислительной техники.

Выработка управляющих воздействий достигается регулирующими устройствами (регуляторами). Регулятор, получая сигналы непосредственно от датчика или через устройство централизованного контроля, вырабатывает в соответствии с заданной программой и законом регулирования энергетические импульсы, приводящие в действие исполнительный механизм, который через регулирующие органы (коммутирующую аппаратуру, управляемые вентили, клапаны, заслонки, задвижки) изменяет, потоки энергии или вещества и этим воздействует на объект регулирования.

Устройства ГСП взаимодействуют посредством нормированных электрических, пневматических, гидравлических, механических, акустических и оптических сигналов. По виду сигналов устройства ГСП делятся на аналоговые и дискретные. Устройства ГСП имеют нормированные источники питания. Конструктивное сопряжение устройств ГСП обеспечивается унифицированной структурой модулей и блоков, применением нормированных по форме и размерам монтажных плат, кассет, каркасов, панелей, шкафов, щитов и пультов, а также базовых конструкций оснований и узлов, из которых komponуются агрегаты. Этим достигается высокая взаимозаменяемость изделий.

Унификация конструкций ГСП повышает технологичность изделий в производстве, упрощает их комплектацию, монтаж, наладку и эксплуатацию.

Информационная, энергетическая и конструктивная сопрягаемость устройств ГСП ускоряет проектирование и изготовление систем автоматиче-

ского контроля, регулирования и управление в составе оборудования автоматизированного производства

Выбор измерительных средств КИПиА технологических параметров осуществлялся согласно стандартам и отраслевым требованиям предприятия, с учетом ряда факторов метрологического и режимного характера, наиболее существенные из которых следующие:

1. Расстояние, на которое может быть передана информация, снимаемая с датчиков (интерфейс связи датчика).
2. Предельное значение измеряемой величины и других параметров среды.
3. Допустимая для АСУ ТП погрешность, определяющая подбор по классу точности датчика. Пределы измерения с гарантированно точностью.
4. Инерционность датчика, характеризующая его постоянно времени.
5. Влияние внешних факторов окружающей среды (температуры, давления, влажности) на нормальную работу датчиков.

Разрушающее влияние на датчик контролируемой и окружающей среды, агрессивных свойств. Наличие в месте установки датчиков недопустимых для его нормального функционирования вибраций, магнитных и электрических полей, радиационного излучения и др.

6. Возможность применения датчика с точки зрения пожара и взрывобезопасности.

Интерфейсы выходных сигналов измерительных приборов. У устройств получения информации о состоянии технологического процесса выделяют первичный измерительный преобразователь (ПИП) и вторичный измерительный преобразователь (ВИП), которые связываются между собой посредством проводов и интерфейсов. ВИП могут быть расположены, как на контроллере, так и на щите управления или непосредственно в самом датчике.

С точки зрения выполняемых функций ПИП преобразуют измеряемый параметр в удобный для передачи и обработки сигнал.

В случае измерения электрических величин в качестве первичных измерительных преобразователей используют, как правило, понижающие измерительные трансформаторы тока и напряжения. В случае измерения неэлектрических величин (температуры, давления и др.) используют соответствующие измерительные преобразователи "физическая величина – электрический сигнал".

Вторичные измерительные преобразователи представляют собой дополнительные преобразующие средства, например, понижающие трансформаторы тока и напряжения в случае измерения электрических величин и электронные линейные усилители напряжения – в случае измерения неэлектрических величин.

На выходах вторичных измерительных преобразователей формируются напряжения одного диапазона, необходимые, например, для работы многоканального аналого-цифрового преобразователя (АЦП), входящего в состав цифрового регистратора.

С точки зрения принципа действия и конструктивного исполнения и ПИП, и ВИП различаются значительным разнообразием. ПИП устанавливаются на объекте и непосредственно взаимодействуют с регулируемым параметром и контролируемой средой. Вид измеряемого параметра, условия монтажа и эксплуатации влияют в значительной мере на его выбор. Для измерения одного параметра в зависимости от требуемых технических характеристик и условий эксплуатации может применяться большое количество различных датчиков (например, более шестидесяти типов датчиков давления, более пятидесяти типов датчиков перепада давления и т.д.).

Различают следующие основные выходные сигналы первичных измерительных приборов (рис. 3.1):

- ПИП с токовым аналоговым выходом;
- ПИП с цифровым выходным сигналом;
- ПИП с импульсным (счетным) выходным сигналом;
- ПИП с дифференциально-трансформаторным сигналом.

В арсенале сегодняшних средств автоматизации все больше появляется ПИП с радиоканальным выходом.

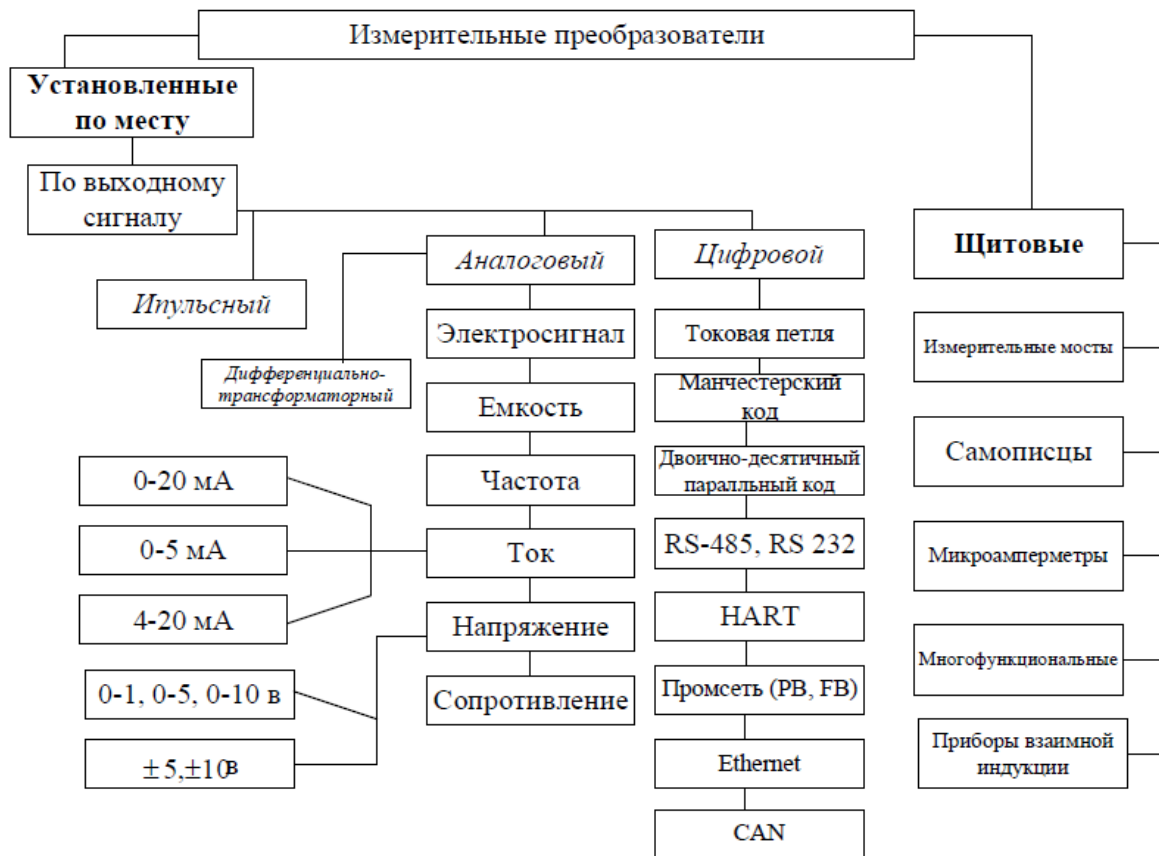


Рис. 4.1. Виды сигнально-измерительных устройств

ПИП с дифференциально- трансформаторным сигналом (индуктивной связью) являются устаревшими приборами и в большинстве случаев подлежат замене на ПИП с токовым или цифровым выходом.

Импульсный выходной сигнал ПИП представляет собой импульс 5 В постоянного тока или импульс используемого входного напряжения питания, которое может быть от 8 до 28 В постоянного тока. Такие сенсоры в технологиях отрасли часто используются для дистанционного мониторинга расхода и суммирования потока посредством счетчиков.

ПИП с токовым аналоговым выходом имеют встроенный источник тока – генератор тока с некоторым внутренним сопротивлением $R_{вн}$. Источник тока управляется функцией $f(x)$ измерения параметра x (рис. 3.2).



Рис. 4.2. Двухпроводная токовая связь ПИП и ВИП

Ток $i = f(x)$ поступает в линию связи и на входном нагрузочном резисторе R_H вторичного преобразователя создает соответствующее падение напряжения, которое далее преобразуется в цифровое значение измеряемого параметра x .

ПИП данного вида имеют, как правило, унифицированные выходные сигналы постоянного тока в диапазонах $\{0-5\}$, $\{0-20\}$ или $\{4-20\}$ мА. Току $i = 0$ или $i = 4$ мА соответствует некоторое минимальное значение измеряемого параметра x , а току $i = \text{макс. из}\{5-20\}$ мА – максимальное значение этого параметра. Максимально допустимая длина линии связи между ПИП и ВИП зависит от величины внутреннего сопротивления $R_{вн}$ ПИП, активного сопротивления R_L линии связи, входного сопротивления R_H ВИП, ожидаемого уровня помехи и, обычно, не превышает несколько десятков метров. Число проводов связи между ПИП и ВИП обычно 2, 3 или 4.

Оно зависит от схемы подключения источника питания или от типа чувствительного элемента ПИП (например, термосопротивление).

Поставщики измерительных приборов часто ориентируют потребителей на двухпроводный вариант подключения при токовом сигнале $\{4-20\}$ мА и 4-х проводное соединение при $\{0-20\}$ мА (рис.3.3).

Применение унифицированных сигналов регламентировано ГОСТ 26.011-80. Среди стандартных сигналов тока и напряжения наиболее удобным и популярным является токовый сигнал 4–20 мА. Причины этого в том, что он наилучшим образом решает проблемы, связанные с передачей сигналов от удаленных датчиков к вторичным измерительным приборам:

1. Сигналы первичных преобразователей, как правило, очень малы. Например, сигналы термопар обычно меньше 50 мВ. В промышленных условиях сильные электромагнитные помехи могут создавать паразитные сигналы, в сотни и тысячи раз превышающие полезные. Сильные токовые сигналы уровня 4–20 мА работают на низкоомную нагрузку, в результате они меньше подвержены такому влиянию.

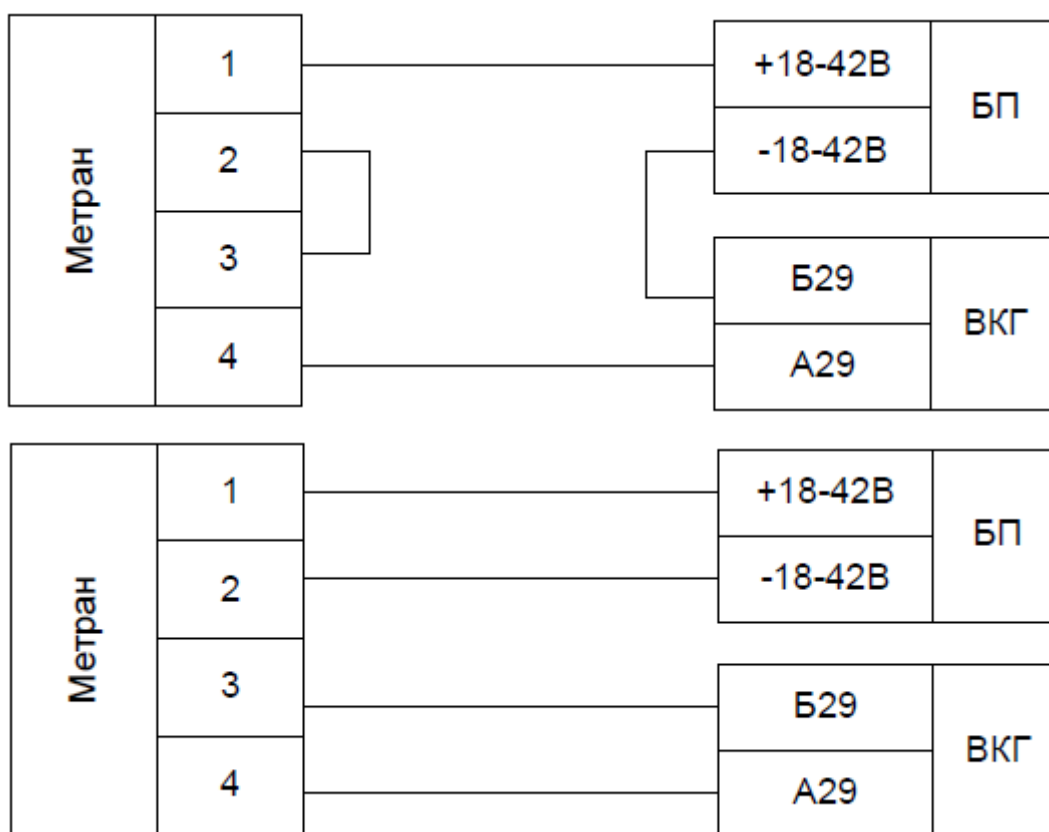


Рис. 4.3. Схемы подключения 4–20 мА и 0–20 мА

2. Для передачи токовых сигналов 4-20 мА можно использовать соединительные провода, более дешевые по сравнению с другими. При этом требования к величине их сопротивления также могут быть снижены.

3. Еще одним преимуществом токового сигнала 4–20 мА является то, что при работе с ним легко обнаружить обрыв линии связи – ток будет равен нулю, т.е. выходит за возможные пределы. Обрыв в цепи с сигналом 0–5 мА обнаружить нельзя, так как ток, равный нулю, считается допустимым. Для обнаружения обрыва в цепях с унифицированными сигналами напряжения (0–1 В или 0–10 В) приходится применять специальные схемотехнические решения, например, «подтяжку» более высоким напряжением через высокоомный резистор.

Схемы подключения источников питания (БП) и вторичных преобразователей (ВКГ) к датчикам (Метран) в схеме 4–20 мА и 0–20 мА показаны на рис. 20.

Для подключения термодатчиков-термосопротивлений (ТС) используются специальные схемы: двухпроводная, трехпроводная и четырехпроводная.

В простейшей двухпроводной схеме подключения резистивных датчиков сопротивление линий соединений (ЛС) входит в погрешность измерения. Это

не обеспечивает удовлетворительных метрологических характеристик измерительного канала, если сопротивлением проводов нельзя пренебречь. Влияние сопротивления ЛС в трехпроводной схеме устраняется путем компенсации сопротивлением третьего провода. Компенсацию осуществляют, предполагая, что падения напряжения на проводах одинаковы. Это верно при равенстве сопротивлений проводов ЛС.

Погрешностью, вносимой отсутствием точного равенства, обычно можно пренебречь. Однако, для прецизионных измерений лучше использовать четырехпроводную схему подключения ТС (рис.3.4).

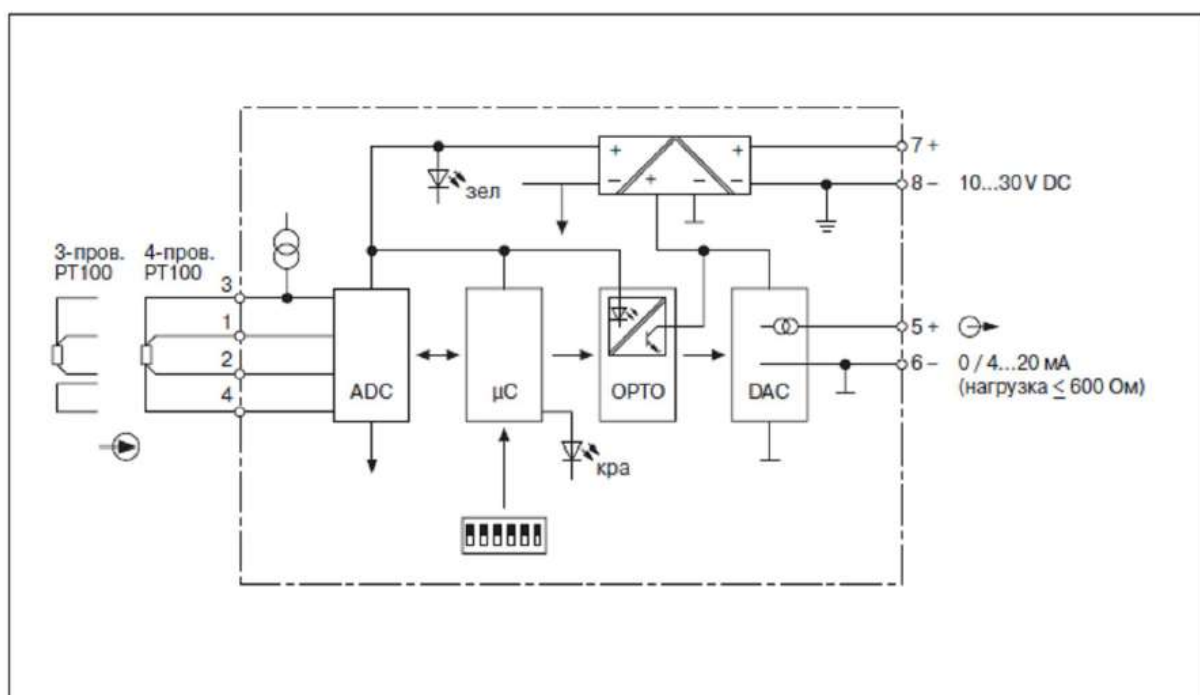


Рис. 4.4. Устройство для подключения термосопротивлений по трех и четырех проводной схеме

При четырехпроводной схеме подключения разность сопротивлений плеч ЛС не значима. Это вызывает уверенность в незначимости и параметров ЛС.

Тем не менее, и эта схема имеет недостатки. Дело в том, что наряду с разбалансом плеч есть еще такой параметр, как активное сопротивление ЛС.

Хотя обычно считается, что этот параметр является составляющей погрешности только для двухпроводного подключения, оказывается, что некоторым образом он приобретает значение и для трех-, и для четырехпроводного подключения.

Причина состоит в следующем: ВИП содержит в себе источник тока для опроса ТС. Идеальный источник тока не имеет ограничений по сопротивлению нагрузки. Для реального источника тока всегда есть предельная величина сопротивления нагрузки, при которой он выдает заданный ток опроса. При превышении этого порогового значения источник начинает занижать ток опроса, что приводит к резкому увеличению погрешности. Особенно сильно эффект проявляется вблизи верхней границы диапазона измерений.

К сожалению, изготовители ВИП не нормируют максимальное сопротивление ЛС, на которое работают их изделия. Как показали проведенные, например, ООО «Ленпромавтоматика» эксперименты с продукцией ведущих мировых производителей ВИП для ТС, значимая погрешность появляется при увеличении сопротивления одной ЛС свыше величины порядка 30 Ом. Эта величина обосновывается тем, что если ЛС – это медные провода и клеммы, то нет причин предполагать, что 30 Ом будет недостаточно, ведь при сечении 1 мм² это сопротивление соответствует 1714 м медного провода. Поэтому параметр и не нормируется. Но он сразу становится значимым, когда между ВИП и датчиком появляется барьер искробезопасности.

ПИП с цифровым выходным сигналом имеют, как правило, гальванически развязанный выход с открытым коллектором транзистора или релейным «сухим» контактом, питание которого производится со стороны источника тока, встроенного в ВИП. При этом в зависимости от того, закрыт или открыт выход ПИП, величина тока в линии связи имеет значение $i_{\text{мин}}$ или $M_{\text{акс}}$, что определяется дискретным характером процесса измерения преобразователем параметров энергоносителя. Последовательность «замыканий/размыканий» выходной цепи ПИП порождает на входе ВИП последовательность токовых двоичных импульсов («0», «1») определенной частоты и длительности, которая используется либо для цифрового представления измеряемого параметра x , либо для дискретного представления (например, норм/авар, вкл/выкл.). Обычно, ток в линии связи не превышает 10–20 мА. Максимально допустимая длина линии связи зависит от величины тока ВИП, активного сопротивления линии и может достигать до 3–5 км.

Как правило, сети полевого уровня характеризуются небольшими длинами линий связи, коротким временем цикла передачи, малыми объемами передаваемых данных (обычно все данные содержатся в одном пакете) и относительно низкими ценами на среду передачи и подключение узла по сравнению с

сетями полевого уровня. Обычной задачей сетей полевого уровня является получение данных от всех устройств за время, не превышающее времени технологического цикла.

Цифровой ПИП может иметь следующие наиболее распространенные физические интерфейсы (физический интерфейс определяется специальным набором электрических связей и характеристиками сигналов):

- ПИП с токовой петлей (CL);
- ПИП с выходом RS 232 или RS 485;
- ПИП с HART выходом;
- ПИП с полевой шиной (PB или FB);
- ПИП с CAN.

ПИП с токовой петлей (CL) относится к классу универсальных двухточечных радиальных интерфейсов удаленного последовательного доступа к системам. Это соединение широко применяется в промышленном оборудовании, так как позволяет осуществить связь по физическим линиям на дальние расстояния до 3 км) без использования аппаратуры передачи данных (модемов). Интерфейс CL представляет собой двух- и четырехпроводную линию, образующую токовую петлю с дискретно переключаемым источником тока и приемником. Последовательные данные от источника к приемнику (рис. 3.5) передаются побитно и побайтно асинхронным способом сигналами постоянного тока $i = 20$ мА (иногда используются сигналы 10, 40 или 80 мА). Ток, превышающий 17 мА, представляет логическую «1» (маркер), а ток, меньший, чем 2 мА, – логический «0» (пробел). Одно из взаимодействующих устройств должно быть активным и служить источником тока, а другое пассивным (приемником).



Рис. 4.5. Соединение ВИП с компьютером линией связи типа CL

Интерфейс CL имеет, как правило, протяженную линию передачи, которая подвержена влиянию внешних помех и перенапряжений. Поэтому схемы передатчика и приемника линии гальванически развязываются за счет использования оптронов и изолированных источников питания.

Максимальная скорость передачи сигналов по токовой петле – 9600 бит/с при длине линии связи до 300 м. Снижая скорость передачи, можно почти пропорционально увеличивать длину линии: на скорости 1200 бит/с длина линии увеличивается до 2000 м.

Токовая петля используется обычно для сопряжения одного передатчика и одного приемника, но, в принципе, она может охватывать и несколько последовательно соединенных пассивных приемников. Токовая петля позволяет передавать данные по двухпроводной линии в одном направлении (симплексная связь): от передатчика к приемнику. Для дуплексной связи одновременной передачи в двух противоположных направлениях) используется четырехпроводная линия.

Интерфейс с RS 232 применим для установления синхронной и асинхронной связи только между двумя устройствами в симплексном, полудуплексном (двухпроводный вариант) и дуплексном режимах (четырёхпроводный вариант). Скорость передачи данных по интерфейсу RS_232C составляет от 50 до 19200 бит/с. Максимальная длина линий связи при максимальной скорости не превышает 16 м. На практике это расстояние может быть существенно увеличено при снижении скорости передачи и использовании экранированного кабеля с малой собственной емкостью (при скорости 1200 бит/с максимальная длина неэкранированного кабеля достигает 900 м). Формат передачи данных определяется выбираемым протоколом связи. Типичный формат асинхронной передачи данных по этому интерфейсу представляет собой следующий пакет: байт данных оформляется стартовым битом, необязательным битом паритета и стоповым битом. Любое сообщение, передаваемое по интерфейсу асинхронным способом, представляет совокупность байтов данных, оформленных указанным образом. Сигналы этого интерфейса передаются перепадами напряжения величиной (3...15) В. Интерфейс RS-232 имеется в каждом РС совместимом компьютере, где он используется в основном для подключения манипулятора типа “мышь”, модема, и реже – для передачи данных на небольшое расстояние из одного компьютера в другой. Интерфейс RS-232 принципиально не позволяет создавать сети, так как соединяет только 2

устройства (так называемое соединение “точка – точка”). Сейчас этот интерфейс на небольших расстояниях связи заменяется четырех проводной USB.

Интерфейс с RS 485 ориентирован при 1 Мбит скорости передачи на совместную работу до 32 источников и 32 приемников данных (рис.3.6).

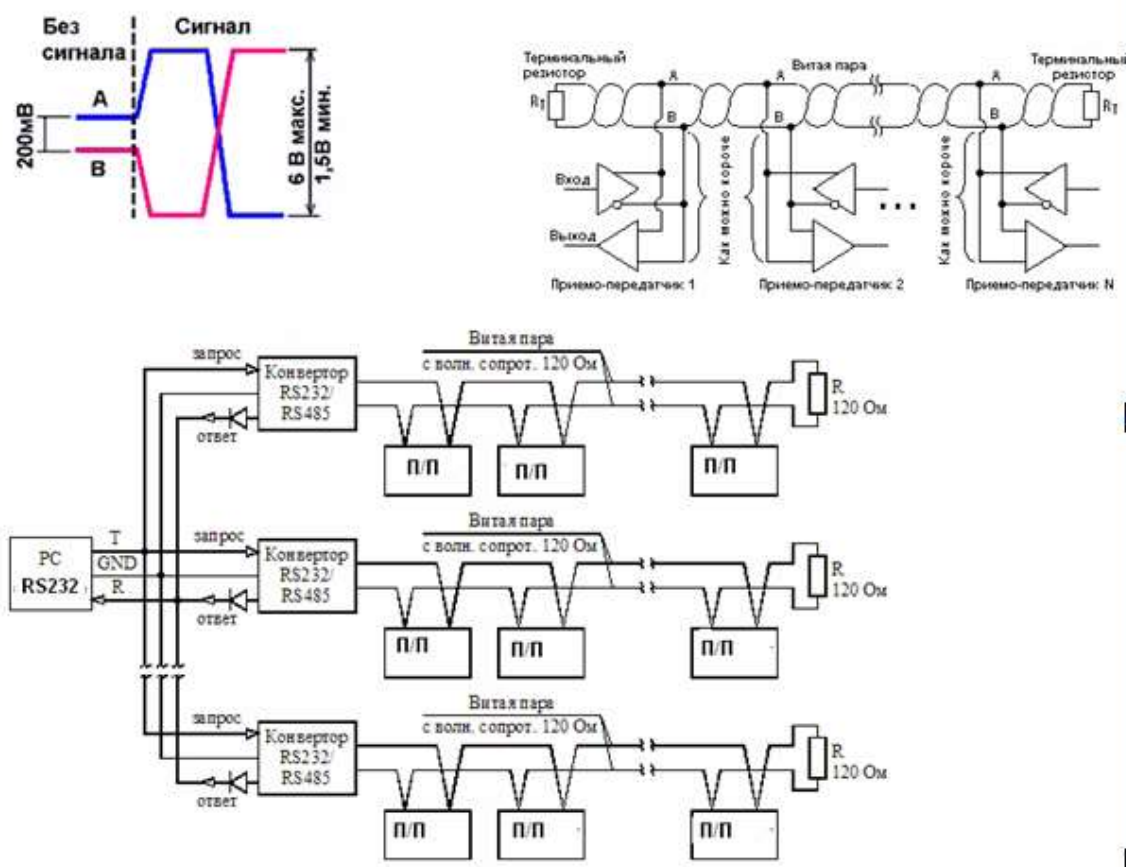


Рис. 4.6. Многоточечная связь по интерфейсу RS 485

Такой интерфейс позволяют объединять приборы в разветвленные сетевые структуры и поэтому в последние годы они все чаще реализуются в различных приборах, в частности, в приборах учета энергоресурсов.

Сигналы интерфейса RS-485 передаются дифференциальными перепадами напряжения величиной (0,2...8) В, что обеспечивает высокую помехоустойчивость и общую длину линии связи до 1 км (и более с использованием специальных устройств – повторителей). Типичным форматом протокола связи является протокол из семейства ModBus.

HART интерфейс – Интерфейс HART (Highway Addressable Remote

Transducer), разработанный фирмой Rosemount Inc., реализует известный стандарт BELL 202 FSK (Frequency Shift Keying), основанный на 4-20мА – технологии (рис.3.7).

Схема протокольного взаимоотношения между узлами сети основана на принципе MASTER/SLAVE. В HART-сети может присутствовать до 2 MASTER-узлов (обычно один).

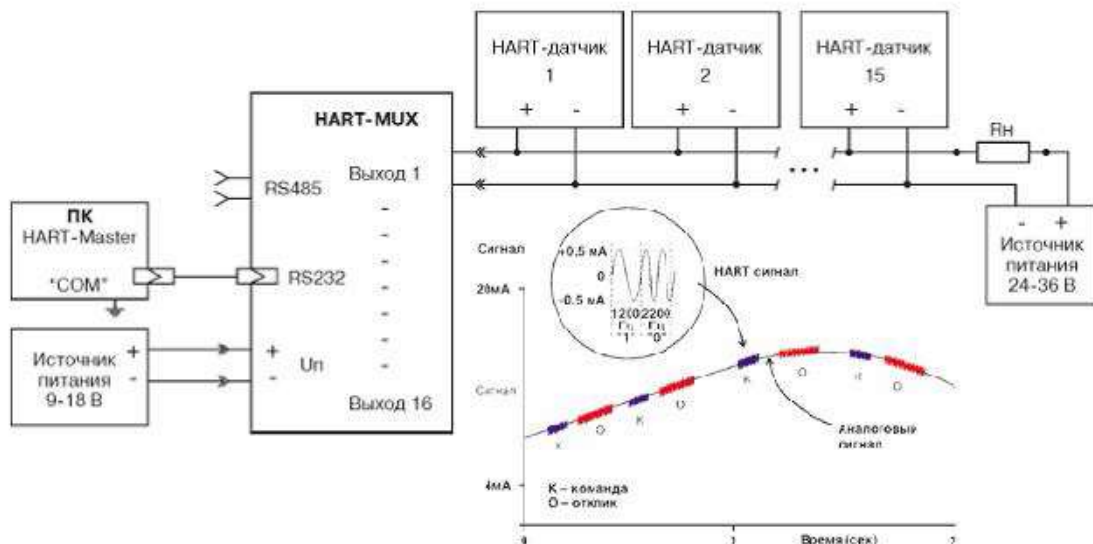


Рис. 4.7. Многоточечная связь по интерфейсу HART

Второй MASTER, как правило, освобожден от поддержания циклов передачи и используется для организации связи с какой-либо системой контроля/отображения данных. Стандартная топология HART сети передачи данных – "звезда", но возможна и шинная организация.

Для передачи данных по сети используются два режима:

- 1) асинхронный: по схеме "MASTER-запрос\SLAVE-ответ" (один цикл укладывается в 500 мс);
- 2) синхронный: пассивные узлы непрерывно передают свои данные MASTER-узлу (время обновления данных в MASTER- узле за 250-300 мс). За одну посылку один узел может передать другому до 4 технологических переменных, а каждое HART-устройство может иметь до 256 переменных, описывающих его состояние. Контроль корректности передаваемых данных основан на получении подтверждения.

CAN интерфейс. В качестве физической среды, в основном, используется двухпроводная дифференциальная линия, хотя возможно применение оптоволокну или радиоканала. Максимальная скорость передачи достигает 1Мбит/сек на длине линии связи до 30 м. На длине до 5 км скорость не превышает 10 Кбит/сек.

Сеть CAN основана на шинной топологии (рис.3.8), т.е. все устройства подключаются к общей среде передачи данных, что позволяет каждому узлу видеть весь трафик, идущий по сети и получать данные без посредников и без задержек. Данная топология является очень гибкой и позволяет достаточно просто подключать/отключать новые устройства (например, датчики). Хотя, с другой стороны, шинная топология не удобна в случаях изменения мест подключения устройств и плоха в случаях ее обрыва, как в смысле последствий, так и поиска повреждений и их устранения.

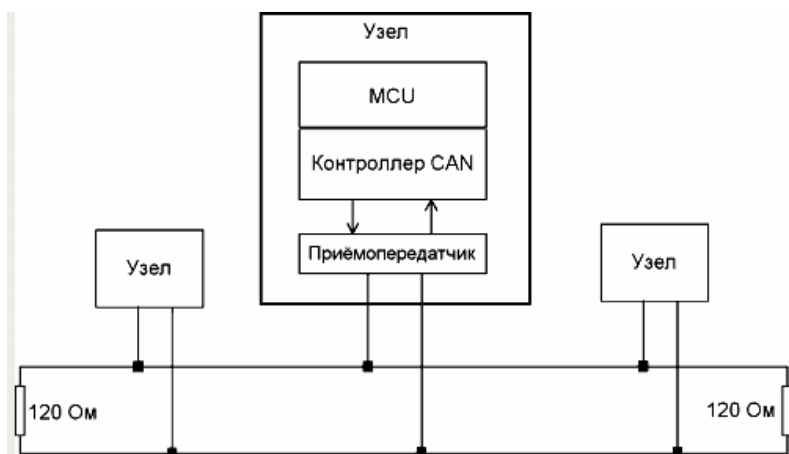


Рис. 4.8. Шина CAN

К настоящему времени известно уже более четырех десятков CAN протоколов. Среди подобного многообразия CAN наибольшее распространение, в особенности в системах промышленной автоматизации, получили четыре. Это SDS (*Smart Distributed System*), CAL/CANopen, CAN Kingdom и DeviceNet.

SDS Honeywell (Honeywell International, Inc.) *обеспечивает:*

- возможность двустороннего обмена цифровой информацией при настройке и эксплуатации датчика;
- диагностику датчика и электроники;
- изменение диапазона измерений в широких пределах;

– стабильный результат измерений при изменяющихся режимах работы.

Наряду со стандартом DeviceNet, Honeywell протокол представляет собой одно недорогое и законченное решение для сетевого управления интеллектуальными датчиками и исполнительными органами от центрального контроллера (PLC, компьютера) в системах промышленной автоматизации.

Сообщения, циркулирующие в сети SDS, носят название APDU (Application layer Protocol Data Unit) – блоки данных протокола прикладного уровня. APDU представляет собой CAN-фрейм стандартного формата, элементы которого имеют свое собственное назначение в SDS. Поле арбитража (ID3-ID9) расположен 7-разрядный адрес устройства (максимально допустимое количество устройств в сети SDS –126).

Тип APDU (3-разрядное поле) определяет тип сервиса (0...7) прикладного уровня, которому соответствует данный APDU. Нулевое значение бита ID10 (DIR) поля арбитража указывает, что адрес устройства (device address) является адресом назначения, а единичное – адресом источника. Чем ниже значения логического адреса, тем выше приоритет сообщения. Бит RTR в CAN- фреймах Honeywell-протокола всегда имеет нулевое значение (удаленный CAN-фрейм в SDS-спецификации не применяется).

В поле данных длинной формы APDU содержится код длины (2...8) поля данных CAN-фрейма (2), два первых байта которого содержат спецификатор сервиса (Service Specifier), идентификатор встроенного объекта (EOID) и дополнительные параметры сервиса, а оставшиеся шесть предназначены для передачи собственно данных. При необходимости передачи последовательностей данных более шести байтов используется фрагментированный формат (до 64 фрагментов по 4 байта) длинной формы APDU.

Интерфейс Foundation Fieldbus и Profibus часто реализуются на основе электрической сети с шинной топологией. Для передачи сигналов используют экранированную витую пару, соответствующую стандарту RS-485. Существует несколько разнообразных протоколов Profibus: FMS, DP, PA. Каждый назначается для своей задачи: FMS – для передачи больших объемов информации; DP– для решения задач реального времени; PA – для опасного производства. Сеть PROFIBUS-PA – это расширение базового протокола в части технологии передачи, основанной не на RS-485, а на реализации стандарта IEC1158-2 для организации передачи во взрывоопасных средах. Он может использоваться в качестве замены старой аналоговой технологии 4-

20мА. Для коммутации устройств нужна всего одна витая пара, которая может одновременно использоваться и для информационного обмена, и для подвода питания к устройствам полевого уровня.

Современные датчики оснащаются *IQ (Intellect Quality) устройствами*, которые позволяют за счет математической обработки информации непосредственно в процессе измерения и активного управления измерением повысить точность, осуществлять необходимую диагностику состояния датчиков и активно перенастраивать их режим работы. Основными областями применения IQ-сенсорных устройств являются технологические установки и системы автоматизации:

- с высокими требованиями к коэффициенту готовности системы;
- с высокой вероятностью взаимного влияния датчиков;
- с высокими требованиями к динамической перенастройке параметров датчиков во время работы.

Для этих целей в последнее время применяются специальные IQ –модули.

Например, модуль IQ-Sense имеет следующие основные характеристики:

- простое подключение внешних цепей;
- быстрый ввод в эксплуатацию с помощью программной компоненты IntelliTeach;
- предварительная настройка параметров датчика или копирование параметров, установленных в режиме обучения, в другие модули или датчики;
- динамическое изменение параметров настройки датчиков (например, установки дальности действия) из программы контроллера;
- интегрированные инструментальные средства для настройки с помощью светодиодного дисплея;
- высокая степень готовности;
- формирование сообщений о необходимости выполнения профилактических работ;
- диагностика каналов (обрыв линии, короткое замыкание, неисправность модуля/ датчика, и т.д.);
- быстрая замена датчиков без повторной настройки системы;
- "горячая" замена модулей без остановки контроллера.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Перед выполнением необходимо проработать [5]. Для заданного объекта, на основании исходных данных, построить кривде разгона объекта [7, рис.2. 2].

В разделе 5 [5] выбрать тип регулятора по виду выходного сигнала (релейный, непрерывный, импульсный). По графикам рис.5.1 или табл. 5.1 [5] определить для заданного оптимального процесса регулирования (апериодический, 20%-е перерегулирование, минимальная площадь квадратичного отклонения) закон регулирования (И-, П-, ПИ-, ПД-, ПИД-).

Для выбранного регулятора (закона регулирования) по табл. 5.2 [5] определить оптимальные настройки регулятора, реализующие заданные оптимальные процессы регулирования.

В релейных P_c -регуляторах настройками является зона нечувствительности 2δ и $T_{им}$ – время полного хода исполнительного механизма: определяют их па рис.5.4 [5]. Показатели качества (X_1 – динамическое отклонение и t_p – время регулирования) для этих регуляторов определяет по рис.5.5 [5].

В двухпозиционных регуляторах настройкой является только зона нечувствительности, которую определяют по рис.5.6,а [5]. При известной зоне нечувствительности параметры автоколебаний – амплитуду a и период колебаний T_k определяют также по рис.5.6 [5].

Для регуляторов П-, ПД – определяется статическая ошибка $\rho_{ст}$ ($X_{ост}$) по рис. 5. 8 [5].

Определив настройки и показатели качества регулирования, выбирают промышленный серийный регулятор по [7,8] или по отраслевым каталогам ИНФОРМПРИБОРа.

6. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

В схемах автоматического регулирования с помощью условных графических обозначений изображают все элементы систем автоматизации, с помощью которых осуществляется автоматическое регулирование параметров: датчики и первичные приборы (по ГОСТ 21. 404-85), преобразующие измеряе-

мый параметр в электрический (или пневматический) сигнал, регулирующие приборы, задатчики, усилители, преобразователи, модули, осуществляющие логические операции; аппаратура управления и сигнализации (ГОСТ 2.755-87; 2.756-76; 2.732-68; 2.741-68).

Аппаратуру для ручного управления, исполнительные механизмы и линии связи между ними показывают в многолинейном изображении.

Сложные комбинированные приборы и регулирующие устройства изображают в виде прямоугольников с пронумерованными в соответствии с заводской маркировкой внешними зажимами (штуцерами). Иногда для пояснения принципа действия схемы внутри прямоугольников изображает только выходные контакты приборов и регуляторов и упрощенные принципиальные электрические схемы отдельных блоков. Обычно в прямоугольниках показывают только колодки зажимов, штепсельные разъемы и обозначают тип средств автоматизации.

Электрические схемы исполнительных механизмов изображают в развернутом или упрощенном виде, а кинематические – в упрощенном.

Пример выполнения принципиальной электрической схемы показан на рис. 6.1.

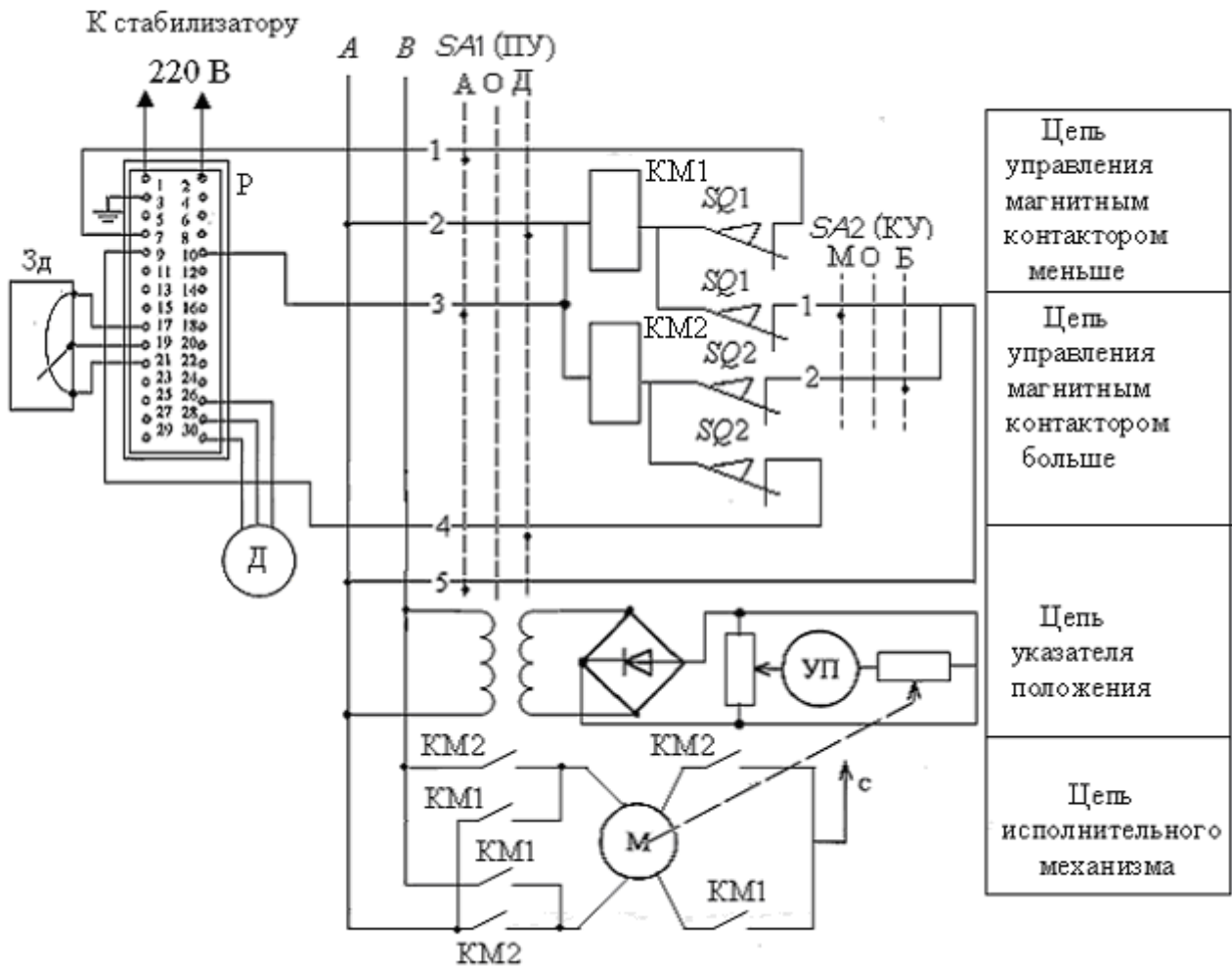


Рис. 4.1. Принципиальная схема автоматического регулирования

Д – датчик (первичный измерительный преобразователь), Зд – задатчик, Р – регулятор, ПУ – переключатель управления, КУ – ключ управления, УП – указатель положения, М – исполнительный механизм

Для пояснения работы переключателя управления и ключа управления необходимо показать диаграмму включений переключателя управления и ключа управления (рис. 6.2. и 6.3).

Таблица включений переключателя управления
(ПУ) ПМОФ 45° - 222222/11 - Д₉
(четыре пакета не показаны)

Условное обозначение	Вид фланца (спереди) и схема пакетов (сзади) в положении "выключено"	41 47 45 42 43 46			
		А В Д	1 4 3	2	5 8 7 6
—	Тип рукоятки и пакета	11Д ₉	2	2	
—	№ контакта	—	1-3	2-4	5-7 6-8
Д	Дистанционно	↗	X	—	X
В	Выключено	↑	—	—	—
А	Автоматика	↖	—	X	—

Рис. 6.2. Диаграмма включений переключателя управления

Таблица включений ключа управления
(КУ) ПМОФ 45° - 222222/11 - Д₉
(пять пакетов не показаны)

Условное обозначение	Вид фланца (спереди) и схема пакетов (сзади) в положении "выключено"	47 44 А	
		А В Д	1 4 3 2
—	Тип рукоятки и пакета	11Д ₉	2
—	№ контакта	—	1-3 2-4
Б	Больше	↗	X
В	Выключено	↑	—
М	Меньше	↖	—

Рис.6.3. Диаграмма включений ключа управления

7. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЙ ОБЩЕГО ВИДА ЩИТЙ (ПУЛЬТА)

Перед разработкой необходимо проработать разделы по [1]: щиты и пульты (конструкция щитов и пультов, монтажные зоны, расположение приборов и аппаратуры на фасадных панелях щитов и пультов) и проектную документацию на щиты и пульты.

Типы и основные размеры щитов и пультов определены ОСТ 36.13-90. По конструктивному оформлению щиты делятся на шкафные полногабаритные, панельные полногабаритные и малогабаритные, пульты — приставные и отдельностоящие. Щиты шкафные и панельные полногабаритные имеют высоту 2200 мм, а ширина их различна: 600, 800, 1000, 1200 мм. Щиты малогабаритные панельные имеют следующие размеры: 1000×800, 1000×600, 600×400, 400×300.

Приборы и аппаратуру на фасадных сторонах панелей щитов рекомендуется устанавливать в пределах следующих расстояний по высоте от основания щита (мм):

показывающие приборы и сигнальная аппаратура 800— 1900;

самопишущие и регулирующие приборы 900—1800;

вспомогательная аппаратура контроля и управления (переключатели, ключи, кнопки) 800—1600;

мнемосхемы 1000—1900.

Компоновку приборов на фасадных сторонах панелей щитов, а также выбор расстояний между осями приборов по высоте и по ширине щита следует производить с учетом свободного открывания крышек приборов и для возможности прокладки и присоединения электрических и трубных проводок, а также исключения возможности взаимного повреждения приборов.

Щиты и пульты систем автоматизации предназначены для размещения на них контрольно-измерительных приборов, регуляторов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, защиты, блокировки, линий связи между ними.

ВНИМАНИЕ! щиты и пульты систем автоматизации выбирать только по ОСТ 36.13-90 (дата введения с 1 июля 1991 г.) и ОСТ 36.ЭД1-13-90.

При разработке должны быть решены следующие вопросы:

– выбраны типы и размеры шкафов, панелей с каркасом, корпусов пультов, стоек;

– определены монтажные зоны щитов шкафных, панельных с каркасом и малогабаритных стивов, пультов. Размеры монтажных зон приведены на рисунках [1];

– компоновка приборов и аппаратуры на фасаде щитов шкафных, панельных с каркасом и малогабаритных, стивов, пультов. Компоновка приборов и аппаратуры на фасадных панелях выполняется с учетом размеров и конфигурации монтажных зон.

Чертежи общих видов щитов, стивов, пультов разрабатывают на единичные и составные щиты. Под единичным щитом понимается щит, пульт, стив по номенклатуре, предусмотренной ОСТ 36.13-90.

Под составным понимается щит, образующийся в результате сборки при монтаже из единичных щитов и вспомогательных.

Чертеж общего вида должен содержать: вид спереди; таблицу надписей; перечень составных частей.

ВИД СПЕРЕДИ. На виде спереди единичного щита показывают приборы, средства автоматизации, элементы мнемосхем, изделия для нанесения надписей о назначении того или иного прибора. На виде спереди проставляют габаритные размеры щита, размеры символов мнемосхем (технологического оборудования, линий, стрелок) и размеры, координирующие установку на нем всех приборов, средств автоматизации, аппаратуры управления и сигнализации, символов мнемосхем.

Размеры проставляют от следующих базовых линий:

1) размеры по вертикали – от нижнего края фасадной панели щита, столешницы пульта или двери малогабаритного щита;

2) по горизонтали – от вертикальной оси симметрии фасадной панели, столешницы пульта или двери малогабаритного щита (рис.7.1).

На виде спереди для приборов, аппаратов и вводов под полкой линии-выноски, на которой проставлен номер позиции, указывают обозначение установочного чертежа (типового или разрабатываемого в проекте).

ТАБЛИЦА НАДПИСЕЙ. Таблицу надписей, наносимых на изделиях для надписей (табло, рамках), выполняют на отдельных листах. В курсовом проекте можно выполнить на свободном поле чертежа. Таблица должна иметь

тематический заголовок по типу "Надписи на табло в рамках". Каждой надписи на чертеже присваивают номер, начиная с единицы, указывая его внутри контура изделия для надписей. Надписям присваивают номера слева направо, сверху вниз (сначала надписям на табло, а затем – в рамках).

В таблицу сначала включают надписи на табло в порядке возрастания номеров, а затем надписи в рамках. Текст надписей должен быть кратким. Форма таблицы и пример ее заполнения приведены в [1] табл. 1.

СПЕЦИФИКАЦИЯ. В этот раздел включают все приборы, аппараты (в том числе стандартные) и монтажные изделия группами и в последовательности:

1) приборы и средства автоматизации в порядке их расположения на чертеже слева направо, сверху вниз: сначала — по виду спереди, затем — по виду с внутренней стороны;

2) электроаппаратура по функциональным признакам:

пусковая и защитная аппаратура (кнопки, переключатели, выключатели, пускатели, рубильники, предохранители, щитки электропитания);

сигнальная аппаратура (арматура сигнальных ламп, табло, звонки, сирены);

преобразователи и источники электропитания (трансформаторы, стабилизаторы, выпрямители, прерыватели);

реле;

резисторы, конденсаторы, диоды;

3) трубопроводная арматура (вентили, краны, блоки вентилях запорных);

4) монтажные изделия:

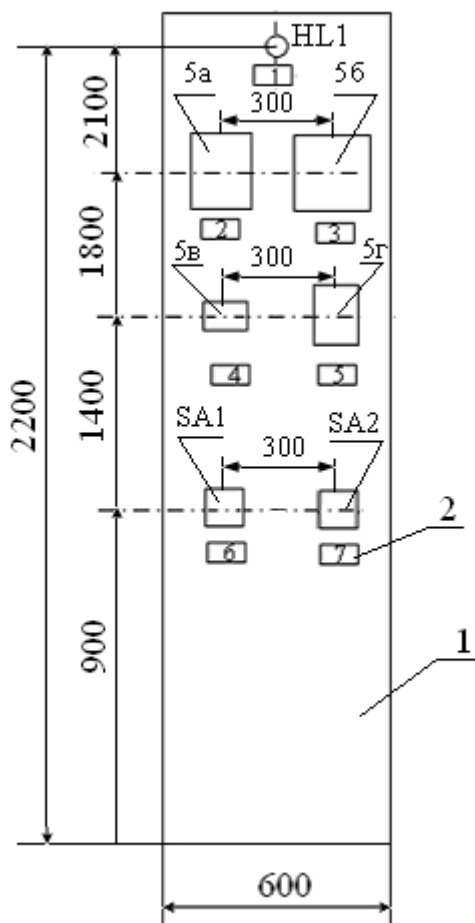
для электромонтажа (блоки зажимов, зажимы наборные, колодки маркировочные, упоры, перемычки);

для монтажа трубных проводок (соединители переходные, переборочные, тройниковые, для подключения к приборам и т. п.);

для нанесения надписей.

Примечание: для курсового проекта только по виду спереди. Пример спецификации приведен в табл. 2.

Таблица 1



№ п/п	Текст надписи	Кол-во
1	Наличие напряжения в щите	1
2	Показание и регистрация темпер-ры	1
3	Регулирование температуры	1
4	Задание температуры	1
5	Указатель положения РО %	1
6	Переключатель режимов	1
7	Ключ управления	1

Рис. 7.1. Общий вид щита

Таблица 2

№ п/п	Поз. обоз.	Наименование	Тип	Кол-во	Характеристика
1	1	Щит шкафной с задней дверью	ЩШЗД	1	2200×600×600
2	2	Рамка для надписей	РП 66	7	66×26
3	HL 1	Сигнальная лампа	ENS - 22	1	∅ 28
4	5а	Цифровой показывающий и регистрирующий	Диск 250	1	322×322×117
5	5б	Регулятор микропроцессорный	РП-5	1	96×96×175
6	5в	Задатчик	ЗУ-50	1	80×60×210
7	5г	Указатель положения	ДУП-М	1	80×120×105
8	SA1 SA 2	Переключатель управления Ключ управления	ПМОФ-45	2	100×100

8. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПИТАНИЯ

В зависимости от выбранных приборов и средств автоматизации по роду используемой энергии, разрабатывается электрические или пневматические схемы питания.

Перед разработкой электрической схемы питания необходимо проработать по [1] разделы: принципиальные электрические схемы (общие требования, правила выполнения схем, условные графические обозначения, позиционные обозначения), принципиальные электрические схемы питания (назначение и общие требования; выбор напряжения, схемы электропитания и резервирования: выбор аппаратуры управления и защиты, сечений проводов и жил кабелей). В этой части курсового проекта необходимо;

- 1) выбрать аппараты управления и защиты;
- 2) выбрать сечения жил проводов и кабелей;
- 3) изобразить на чертеже питающую и распределительную сети;
- 4) составить перечень (спецификацию) элементов.

ВЫБОР аппаратов управления и защиты производится [1]:

- а) по номинальному напряжению сети;
- б) по длительному расчетному (номинальному) току цепи.

ВЫБОР сечений проводов и жил кабелей производится по условиям нагрева электрическим током и механической прочности по таблицам [1].

ЧЕРТЕЖИ питающей и распределительной сетей.

В схемах электропитания систем автоматизации различают два основных звена:

- 1) питающую сеть – сеть от источников питания до щитов и сборок питания;
- 2) распределительную сеть – сеть от щитов и сборок питания до электроприемников.

Схемы питающей и распределительной сетей рекомендуется изображать на отдельных листах (в курсовом проекте можно на одном).

Схема питающей сети выполняется в однолинейном изображении. На схеме показывают аппараты управления и защиты, устанавливаемые как со стороны источника питания, так и со стороны щитов питания.

Схема распределительной сети выполняется в многолинейном изображении. На схеме показывают: аппараты управления (рубильники, выключатели, переключатели, тумблеры); аппараты защиты (автоматы, предохранители); преобразователи (выпрямители, трансформаторы, стабилизаторы); лампы освещения, штепсельные розетки, схемы автоматического резерва.

На схемах, у изображения аппаратов управления и защиты должны быть указаны позиционные обозначения. Все участки цепей должны иметь маркировку в соответствии с ГОСТ 2.709-89.

ПЕРЕЧЕНЬ элементов оформляется в виде таблицы. Элементы (аппараты управления и защиты) в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если источником энергии для приборов и средств автоматизации является сжатый воздух, то разрабатываются пневматические схемы питания. В этом случае необходимо по [1] проработать разделы: принципиальные пневматические схемы; принципиальные пневматические схемы питания (требование к качеству сжатого воздуха, выбор схемы пневмопитания, методика оформления и пример выполнения принципиальных пневматических схем питания).

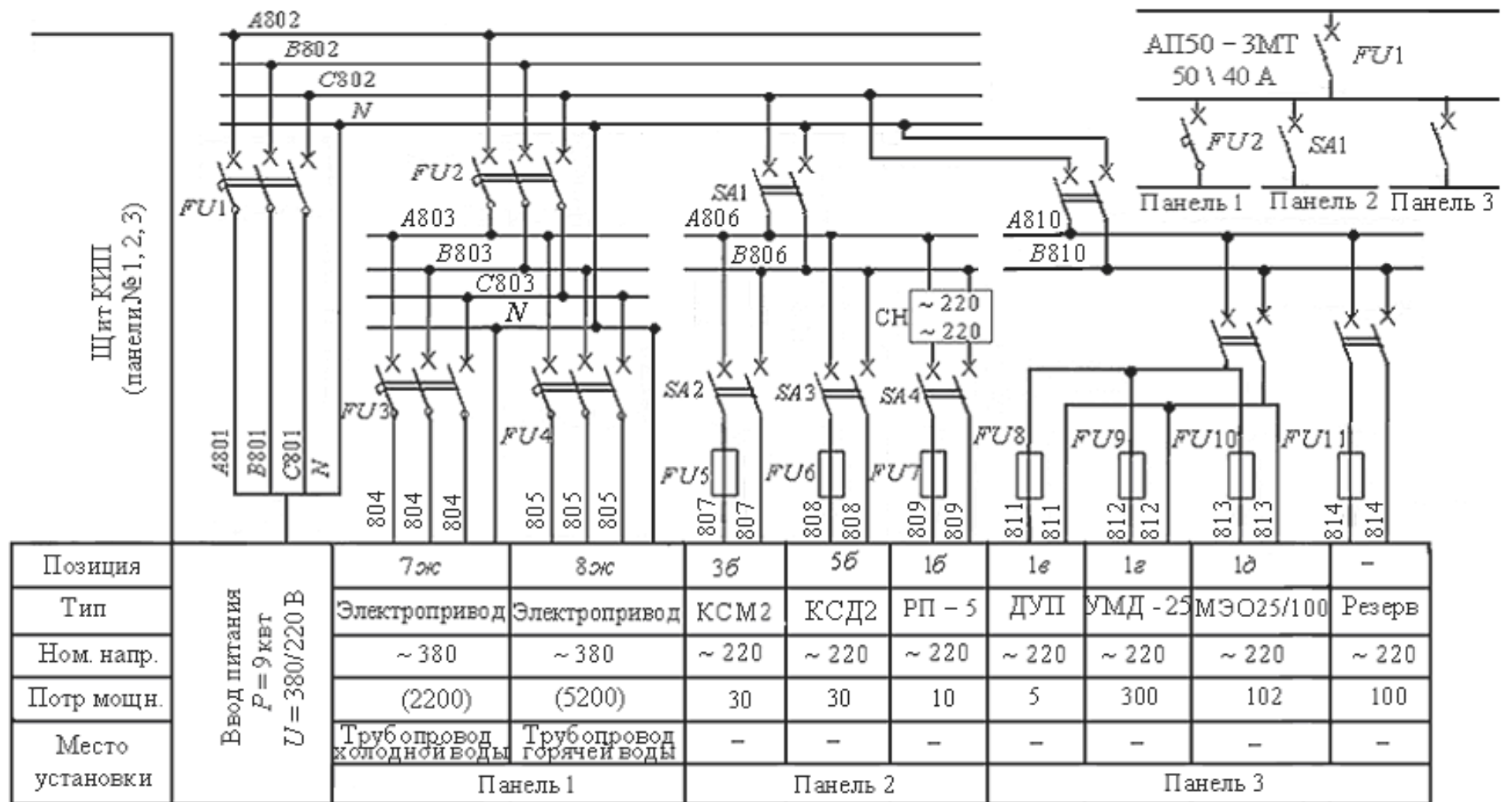


Рис. 8. Пример выполнения принципиальной электрической схемы питающей и распределительной сети системы электропитания

№ п/п	Наименование завода-изготовителя
1.	«Armstrong International Inc.», США (представительство в Москве и Санкт-Петербурге, фирма «АППЭК» ООО)
2.	«Burkert Easy Fluid Control Systems», Германия (представительство ЗАО «Эф-Си-Эс автоматика»)
3.	«EMERSON PROCESS MANAGEMENT» (Fisher-Rosemount)
4.	«HONEYWELL», США (представительство в России)
5.	«KONICS CO., LTD», Южная Корея. Эксклюзивный представитель в России ОАО «Челябинский завод «Теплоприбор»
6.	«OMRON», Япония, (дистрибьютор: ООО НПФ «Ракурс»)
7.	«SIEMENS», Германия (представительство в Москве)
8.	«VALCOM», Италия (представительство «Валком», ООО)
9.	«YOKOGAWA», Япония
10.	«АВТОМАТИКА» ОАО
11.	«АГРОСТРОЙ», ЗАО НПФ
12.	«АЛЬБАТРОС» ЗАО
13.	«АПЛИСЕНС», ООО
14.	«АРЗАМАССКИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД» ОАО
15.	«БАСТОР» ЗАО
16.	«ВАРТА» НПК
17.	«ВЗЛЕТ» ЗАО
18.	«ВИКА МЕРА» ЗАО

19.	«ВЛАДИМИРСКИЙ ЗАВОД «ЭТАЛОН» ОАО
20.	«ВИИИТФА»
21.	«ГАЗАППАРАТ» ОАО
22.	«ГИДРОМЕТПРИБОР» Сафоновский завод ФГУП
23.	«ДАНА ТЕРМ», ЗАО НПП
24.	«ДАНФОСС» ЗАО
25.	«ДУНАЕВЕЦКИЙ АРМАТУРНЫЙ ЗАВОД» АО
26.	«ЕНИСЕЙЗОЛОТОАВТОМАТИКА» ООО
27.	«ЗАВОД «ПРОМАВТОМАТИКА» АО ОТ
28.	«ЗАВОД СТАРОРУСПРИБОР» ОАО
29.	«ЗАВОД ЭЛЕКТРОНИКИ и МЕХАНИКИ» ОАО
30.	«ИЗОТОП» ВО ГУП
31.	«ИНТОР» НПП
33.	«КАНЕКС Кроне Инжиниринг» ЗАО
34.	«КАТРАБЕЛ» СП
35.	«КОНСТЭЛ» компания
36.	«КОНТАКТ-1», Приборостроительное предприятие
37.	«КонтрАвт» ООО НПФ
38.	«КРУГ» НПФ
39.	«ЛАЙФ-НОВОСИБИРСК» ЗАО НПО
40.	«ЛП-Вега дистрибьюшн» 000 (дистрибьютор в России и Белоруссии)
41.	«МАНОМЕТР» ЗАО

42.	«МАЯК» ПО
43.	«МЗТА» (Московский завод тепловой автоматики) ОАО
44.	«МИДАУС» ЗАО
45.	«МИКОН», ООО
46.	«МИКРОНИКС» 000 НПФ
47.	«МИКРОЛЬ», предприятие
48.	«МИР» НПП 000
49.	«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ» ФГУП
50.	«НЕФТЕАВТОМАТИКА» ОАО
51.	«НЕФТЕАВТОМАТИКА» опытный завод
52.	«НЕФТЕАВТОМАТИКА» АО
53.	«НЕФТЕХИМАВТОМАТИКА» ГП НПО
54.	«НЕФТЕХИММАШСИСТЕМЫ» ОАО РНТП
55.	«НПП АВТОМАТИКА» ЗАО
56.	«ОВЕН», компания
57.	«ОРЛЭКС» ЗАО
58.	«ПАСКАЛЬ» 000
59.	«ПЛК Системы» 000
60.	«ПРИБОР» ОАО
61.	«ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ» 000 СКБ
62.	«ПРОМАРМАТУРА» Завод
63.	«ПРОМЫШЛЕННАЯ ГРУППА «МЕТРАН» ЗАО

64.	«ПЬЕЗОЭЛЕКТРИК» ООО
65.	«ПЯТИГОРСКИЙ ЗАВОД «ИМПУЛЬС ОАО
66.	«САМСОН КОНТРОЛС» ООО
67.	«САРАНСКИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»
68.	«САРАТОВГАЗПРИБОРАВТОМАТИКА» ФИРМА ООО
69.	«СЕНСОР» ЗАО
70.	«СЕНСОРИКА», НПФ
71.	«СИГМА-С», ИПП
72.	«СИГМ ПЛЮС» ООО, Москва, (BRONKHORST HIGH-TECH)
73.	«СИГНАЛЬ» ООО, ЭПО
74.	«СИГНУР» ИПП
75.	«СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ» ООО ИПП
76.	«СКБ СПА» ОАО
77.	«СОЮЗЦВЕТМЕТАВТОМАТИКЛ» ОАО
78.	«СТАРТ» ФГУП ПО
79.	«СТЭНЛИ» ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
80.	«ТЕПЛОАВТОМАТ» АО
81.	«ТЕПЛОКОНТРОЛЬ», ГУП
82.	«ТЕПЛОКОНТРОЛЬ» ОАО
83.	«ТЕПЛО ЛЮКС-М»

	(«СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ») ООО»
84.	«ТЕПЛОПРИБОР» ОАО
85.	«ТЕПЛОПРИБОР», ОАО
86.	«ЗАВОД «ТЕПЛОПРИБОР-КОМПЛЕКТ» ЗАО
87.	«ТЕРМОАВТОМАТИКА» ОКБ ЗАО
88.	«ТЕХНОАС» ООО
89.	«ТИК НПП» ООО
90.	«ТОРЭКС» НПФ ООО
91.	«УЛЬЯНОВСКОЕ КБ «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ» ОАО
92.	«ШИББОЛЕТ» ООО
93.	«ЭЛЕКТРОПРИВОД» ОАО
94.	«ЭЛЕМЕР». НПП
95.	«ЭНЕРГО - СОЮЗ», ООО (ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В РФ «ТОРГ- ЭНЕР-ГО» ООО)
96.	«ЭТАЛОН ПРИБОР»
97.	«ЭТАЛОН» НПК
98.	«ЭТАЛОН», Омский опытный завод, ФГУП
99.	«ЮМО» фирма ООО

Библиографический список

1. Втюрин В.А. Проектирование автоматизированных систем (Электронный курс лекций). 2014 г. – 193 с.
2. Ключев А.С. и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ. пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. 393 с. (можно 1980 г.)
3. Богданов Е.С. и др. Справочник по сушке древесины. М.: Лесная промышленность, 1981. 191 с.
4. Богданов Е.С. Автоматизация процессов сушки пиломатериалов. М.; Лесная промышленность, 1979. 175 с.
5. Балмасов Е.Я. Автоматика и автоматизация процессов производства древесных пластиков и плит: Учебное пособие. М.: Лесная промышленность, 1977.
6. Втюрин В.А. Проектирование систем автоматизации в лесной и деревообрабатывающей промышленности. Расчет систем автоматического регулирования технологических процессов: Лекции. ЛТА. Л., 1984. 53 с.
7. Втюрин В.А. Проектирование систем автоматизации в лесной и деревообрабатывающей промышленности. Функциональные схемы автоматизации: Лекции. ЛТА. Л. 1983.
8. Кошарский Б.Д. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1976.
19. Промышленные приборы и средства автоматизации/ Под ред. В.В.Черенкова. А.: Машиностроение, 1987.
11. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации. Ч. 1-4. М. 1989-91.
12. Втюрин В.А. Проектирование систем автоматизации. Принципиальные схемы автоматического регулирования: Альбом/ ЛТА. Л., 1984.
13. Каталог «Приборы и средства автоматизации». М.: ООО Издательство «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ», 2004.

В Каталоге собран весь спектр приборов и средств автоматизации. Приборы объединены в группы по измеряемым параметрам и размещены в следующих томах:

1. Приборы для измерения температуры.
2. Приборы для измерения давления, перепада давления и разрежения.
3. Приборы для измерения расхода жидкости, газа, пара и сыпучих сред.
4. Приборы для измерения уровня.
5. Приборы для определения состава и свойств веществ.

6. Приборы отображения информации (вторичные приборы: потенциометры, мосты, электроизмерительные приборы и др.).

7. Регуляторы, регулирующие устройства электрические, пневматические датчики-реле, сигнализаторы.

8. Программно-логические контроллеры (ПЛК) и программно-технические комплексы (ПТК).