

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**ТИПОВІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ
З АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Довідковий посібник до лекцій і курсового проектування з дисциплін “Основи автоматизації теплоенергетичних процесів”, “Автоматизація теплоенергетичних процесів і виробництв”, дипломного проектування.

Для студентів спеціальностей 7.092501 “Автоматизоване управління технологічними процесами” і 7.092502 “Комп’ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва” напряму 6.0925 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

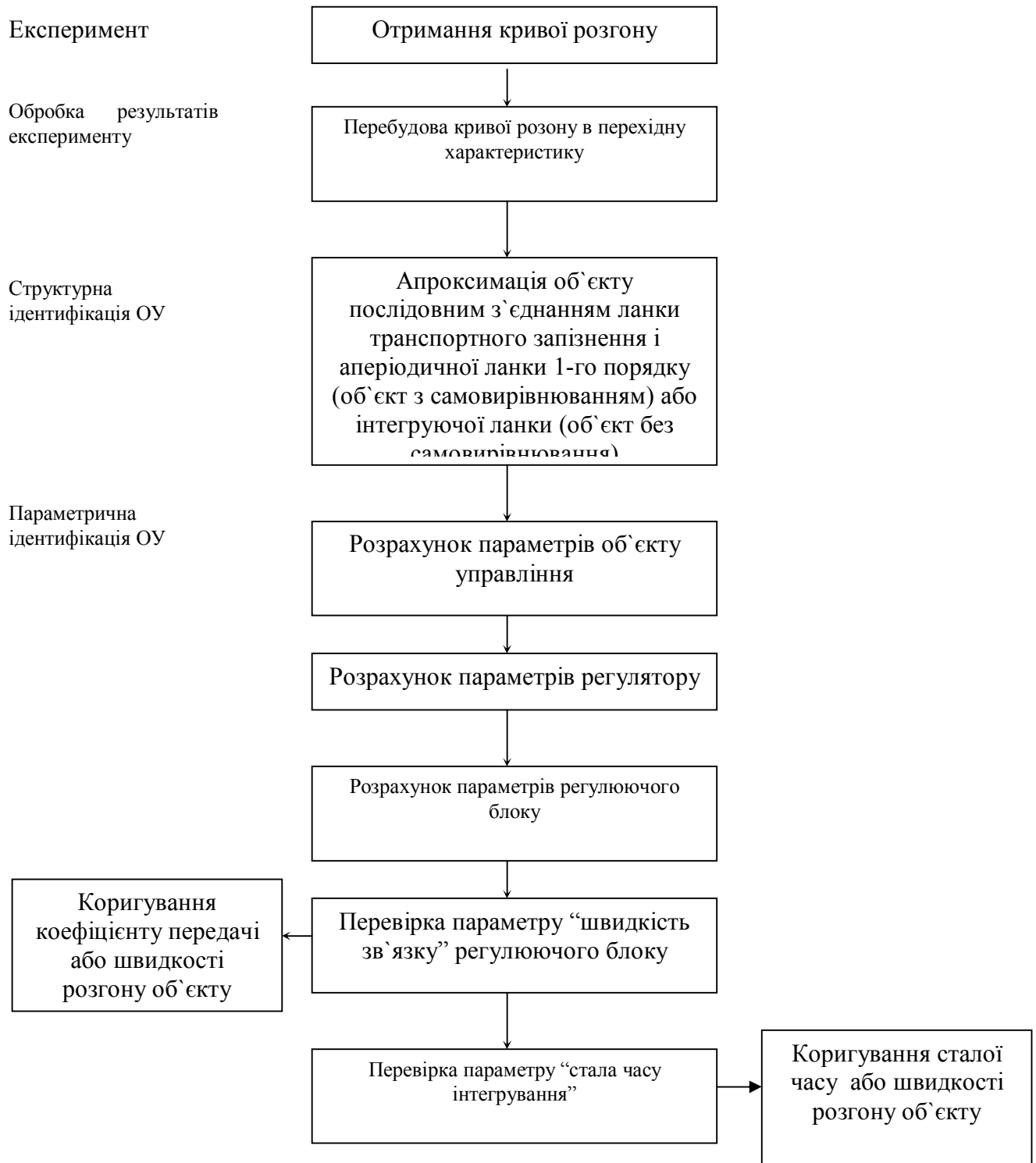
Київ-2003

ЗМІСТ

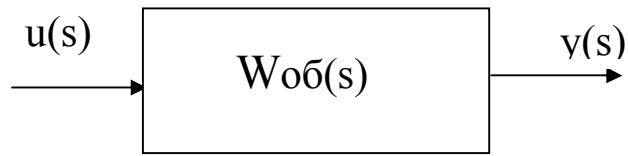
1. ОГЛЯД ТИПОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З АВТОМАТИЗАЦІЇ	5
1.1. АЛГОРИТМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ	5
1.2 ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТУ З САМОВИРІВНЮВАННЯМ	6
1.3 ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТУ БЕЗ САМОВИРІВНЮВАННЯ	7
1.4 ПАРАМЕТРИ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ	8
1.5 ПЕРЕХІДНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІ-РЕГУЛЯТОРУ	9
1.6 РОЗРАХУНОК РЕГУЛЯТОРУ І РЕГУЛЮЮЧОГО БЛОКУ	11
1.6.1 ПЕРЕХІДНИЙ ПРОЦЕС В ЗАМКНЕНІЙ САР	11
1.6.2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЯТОРУ	12
1.6.3 РОЗРАХУНОК РЕГУЛЮЮЧОГО БЛОКУ	12
1.7 СПОСОБИ КОРИГУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ПЕРЕДАЧІ ОБ'ЄКТУ	13
1.8 СХЕМА СТРУКТУРНА КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПРОМИСЛОВОЇ АСР РЕЖИМНОГО ПАРАМЕТРУ	14
1.9 ЗАДАЧІ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ОБ'ЄКТІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ	15
1.10 ПЕРЕЛІК ЗАДАЧ РІВНЯ КООРДИНАЦІЇ АСУТП (НА ПРИКЛАДІ АСУТП НАГРІВУ СЛЯБІВ В МЕТОДИЧНІЙ ПЕЧІ)	16
1.11 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЖИМУ НАГРІВУ СЛЯБІВ	17
1.11.1 ГРАФІК ГАРАНТОВАНОГО НАГРІВУ СЛЯБІВ	18
1.12 СХЕМА ДВОРІВНЕВОЇ АСУ ТП	19
2. СХЕМИ СТРУКТУРНІ І ФУНКЦІОНАЛЬНІ ТИПОВИХ АСР ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ	20
2.1 СТРУКТУРНА СХЕМА ОДНОКОНТУРНОЇ САР	20
2.2 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТЕМПЕРАТУРИ	20
2.3 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР КОЕФІЦІЄНТУ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ	21
2.4 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ВИТРАТИ ПОВІТРЯ	22
2.5 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР РОЗРІДЖЕННЯ В ТОПЦІ	22
2.6 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР РІВНЯ	23
2.7 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТИСКУ В КОЛЕКТОРІ	23
2.8 СТРУКТУРНА СХЕМА КОМБІНОВАНОЇ САР	24
2.9 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР РОЗРІДЖЕННЯ	25
2.10 СТРУКТУРНА СХЕМА КАСКАДНОЇ САР З ДВОМА РЕГУЛЯТОРАМИ	25
2.10.1 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТЕМПЕРАТУРИ	26
2.10.2 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ВМІСТУ КИСНЮ	26
2.10.3 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ПОТУЖНОСТІ ЕНЕРГОБЛОКУ	27
2.11 СТРУКТУРНА СХЕМА ДВОІМПУЛЬСНОЇ САР	29
2.11.1 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР РІВНЯ В БАРАБАНИ КОТЛА	29
2.11.2 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРВИННОЇ ПАРИ	30
2.11.3 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТЕМПЕРАТУРИ ВТОРИННОЇ ПАРИ	30
2.12 СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗАННОГО РЕГУЛЮВАННЯ	31
2.12.1 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ВИТРАТ ПАЛИВА СПОЖИВАЧАМИ ГАЗОВОГО КОЛЕКТОРУ	32
3. СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ	33

1. ОГЛЯД ТИПОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З АВТОМАТИЗАЦІЇ

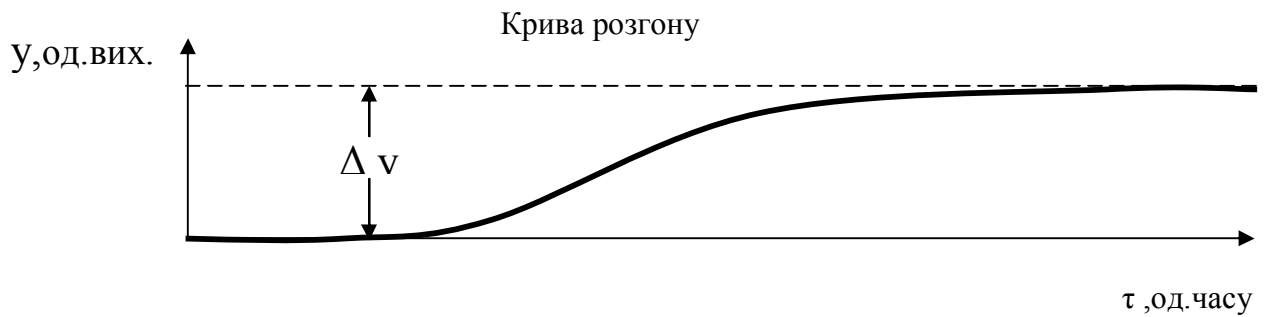
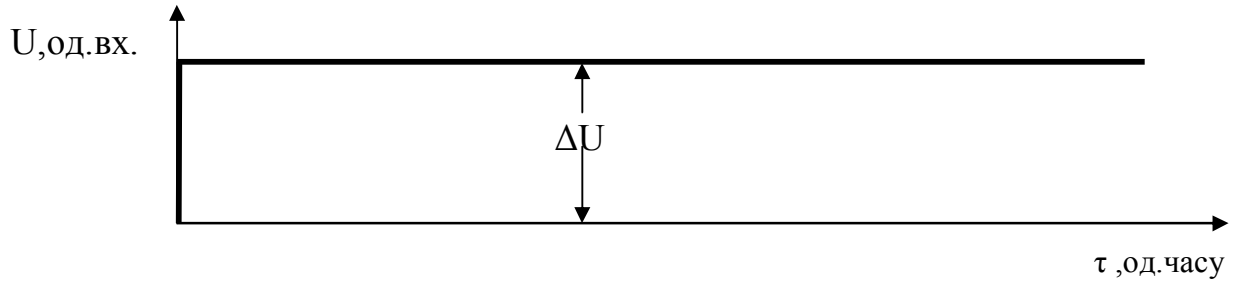
1.1. АЛГОРИТМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ



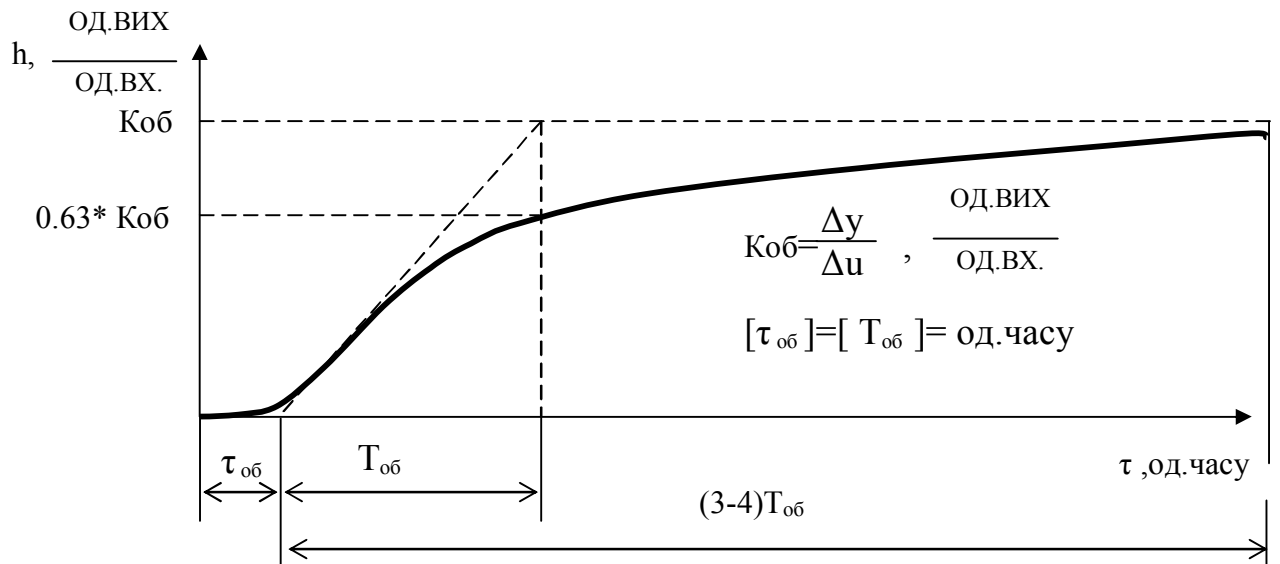
1.2 ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТУ З САМОВИРІВНЮВАННЯМ



Скачкоподібне збурення



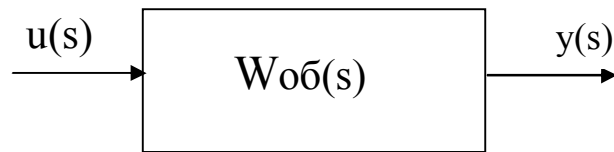
Перехідна характеристика



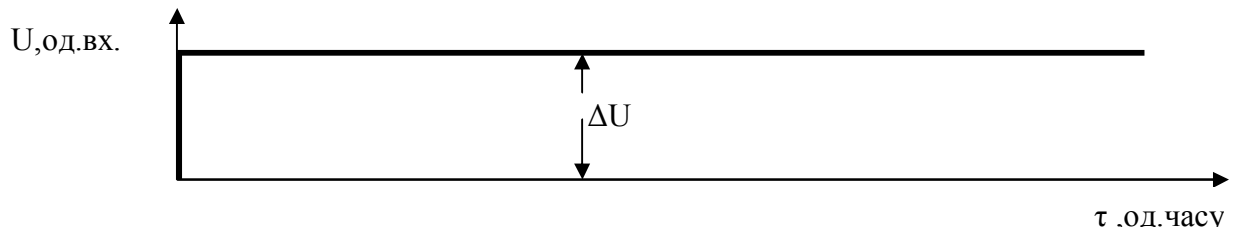
$$h(\tau) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } 0 \leq \tau \leq \tau_{об} \\ K_{об} * (1 - e^{-\frac{\tau - \tau_{об}}{T_{об}}}), & \text{якщо } \tau > \tau_{об} \end{cases}$$

$$W_{об}(s) = e^{-\tau_{об} \cdot s} \cdot \frac{K_{об}}{T_{об} \cdot s + 1}$$

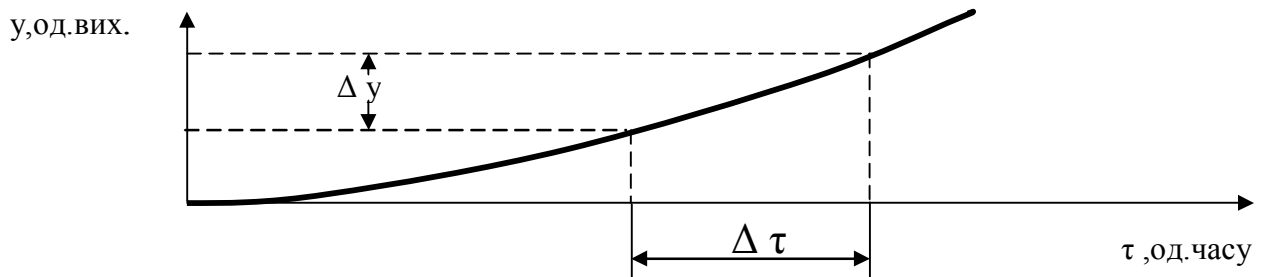
1.3 ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТУ БЕЗ САМОВИРІВНЮВАННЯ



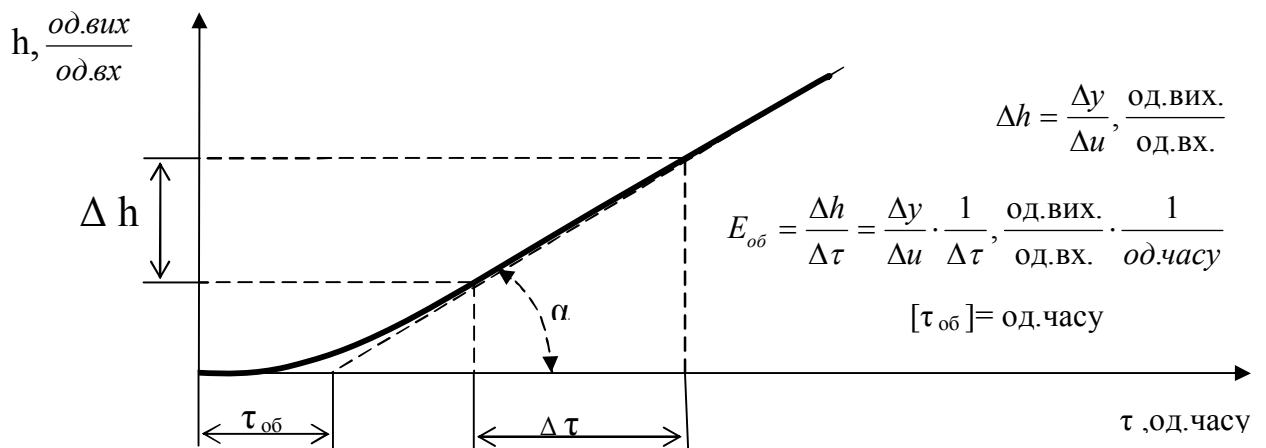
Скачкоподібне збурення



Крива розгону



Перехідна характеристика



$$h(\tau) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } 0 \leq \tau \leq \tau_{об} \\ E_{об} * (\tau - \tau_{об}), & \text{якщо } \tau > \tau_{об} \end{cases}$$

$$W_{об}(s) = e^{-\tau_{об} \cdot s} \cdot E_{об} \cdot \frac{1}{s}$$

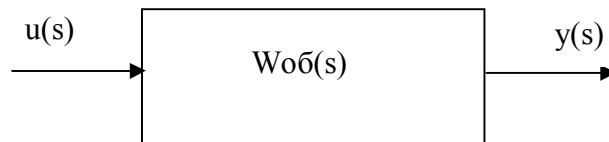
1.4 ПАРАМЕТРИ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ

[$\Delta D = (u_{\max} - u_{\min})$ – діапазон зміни режимного параметру]

№ п/п	САР режимного параметру	Параметри об'єкту			
		K_p	$T_{об}$	$\tau_{об}$	$\varepsilon_{об}$
1	2	3	4	5	6
1.	САР розрідження в топці	$\approx 0.5 \frac{\text{Па}}{\% \text{РО}}$	$\approx 5 \text{ с}$	$\approx 2 \text{ с}$	-
2.	САР тиску в колекторі	$\approx \frac{\Delta D}{100\% \text{РО}}$	$\approx 4 \text{ с}$	$\approx 1 \text{ с}$	-
3.	САР витрати палива/повітря	$\approx \frac{\Delta D}{100\% \text{РО}}$	$\approx 6 \text{ с}$	$\approx 2 \text{ с}$	-
4.	САР рівня в акумуляторному баці	-	-	$\approx 30 \text{ с}$	$\approx 0.5 \frac{\text{Па}}{\% \text{РО} \cdot \text{с}}$
5.	САР рівня в барабані промислового котла	-	-	$\approx 60 \text{ с}$	$\approx 0.3 \frac{\text{Па}}{\% \text{РО} \cdot \text{с}}$
6.	САР температури газового середовища в топці печі	$\approx 10 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 100 \text{ с}$	$\approx 15 \text{ с}$	-
7.	САР температури металу в печі	$\approx 10 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 600 \text{ с}$	$\approx 120 \text{ с}$	-
8.	САР тиску пари в барабані енергетичного котла	$\approx 0.14 \frac{\text{МПа}}{\% \text{РО}}$	$\approx 420 \text{ с}$	$\approx 60 \text{ с}$	-
9.	САР витрати перегрітої пари	$\approx 16 \frac{\text{т/год}}{100\% \text{РО}}$	$\approx 100 \text{ с}$	$\approx 25 \text{ с}$	-
10.	САР параметру "теплота"	$\approx 10 \frac{\text{т/год}}{100\% \text{РО}}$	$\approx 20 \text{ с}$	$\approx 15 \text{ с}$	-
11.	САР температури перегрітої пари ($t_{пп}$)	$\approx 0.5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 195 \text{ с}$	$\approx 45 \text{ с}$	-
12.	САР температури пари за вприском ($t'_{пп}$)	$\approx 0.5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 42 \text{ с}$	$\approx 18 \text{ с}$	-
13.	САР вмісту кисню в димових газах	$\approx 0.05 \frac{\% \text{O}_2}{\% \text{РО}}$	$\approx 60 \text{ с}$	$\approx 45 \text{ с}$	-
14.	САР температури прямої котлової води (водогрійний котел ПТВМ-50)	$\approx 1.5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 1800 \text{ с}$	$\approx 120 \text{ с}$	-
15.	САР температури рециркуляційної води (водогрійний котел ПТВМ-50)	$\approx 0.15 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 240 \text{ с}$	$\approx 25 \text{ с}$	-
16.	САР рівня в барабані енергетичного котла	-	-	$\approx 240 \text{ с}$	$0.01 \frac{\text{Па}}{\% \text{РО} \cdot \text{с}}$
17.	САР перепаду тиску на шаровому барабановому млині	$\approx 50 \frac{\text{Па}}{\% \text{РО}}$	$\approx 300 \text{ с}$	$\approx 120 \text{ с}$	-

18	САР розрідження шаровому барабановому млині	$\approx 1.0 \frac{\text{Па}}{\% \text{РО}}$	$\approx 900 \text{ с}$	$\approx 120 \text{ с}$	-
19	САР тиску пари після РОУ	$\approx 0.014 \frac{\text{МПа}}{\% \text{РО}}$	$\approx 30 \text{ с}$	$\approx 2 \text{ с}$	-
1	2	3	4	5	6
20	САР температури пари після РОУ	$\approx 1.0 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 40 \text{ с}$	$\approx 3 \text{ с}$	-
21	САР температури мережевої (прямої) води після підігрівача мережевої води	$\approx 1.5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 40 \text{ с}$	$\approx 20 \text{ с}$	-
22	САР потужності енергоблоку ("регулюючі клапани турбіни-тиск перегрітої пари")	$\approx 0.2 \frac{\text{МПа}}{\% h_{\text{кл}}}$	$\approx 25 \text{ с}$	$\approx 2 \text{ с}$	-
23	САР підігрівача повітря	$\approx 3.0 \frac{^{\circ}\text{C}}{\% \text{РО}}$	$\approx 10 \text{ с}$	$\approx 3 \text{ с}$	-
24	САР рівня в парогенераторі енергоблоку з ядерним реактором ВВЕР-1000	-	-	100 с	$0.1 \frac{\text{Па}}{\% \text{РО} \cdot \text{с}}$

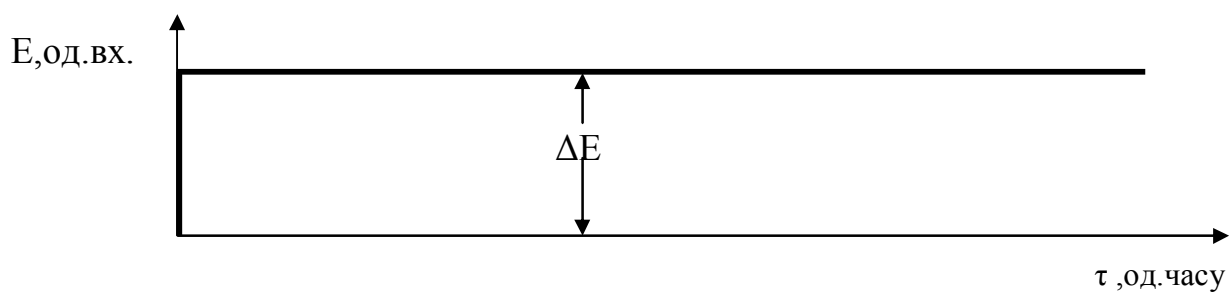
1.5 ПЕРЕХІДНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІ-РЕГУЛЯТОРУ



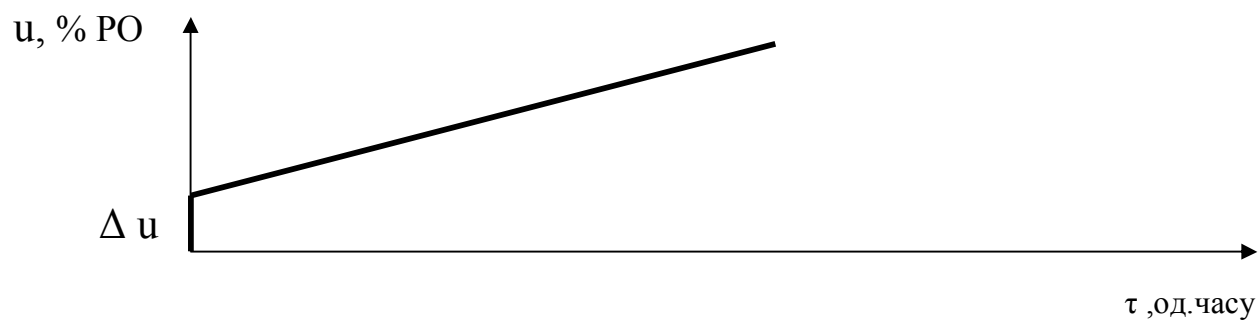
$$W_{об}(s) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} \right) = K_p \cdot \frac{T_i \cdot s + 1}{T_i \cdot s}$$

$$h(\tau) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \tau \leq 0 \\ K_p \cdot \Delta E + K_p \cdot \frac{1}{T_i} \cdot \Delta E \cdot \tau, & \text{якщо } \tau > 0 \end{cases}$$

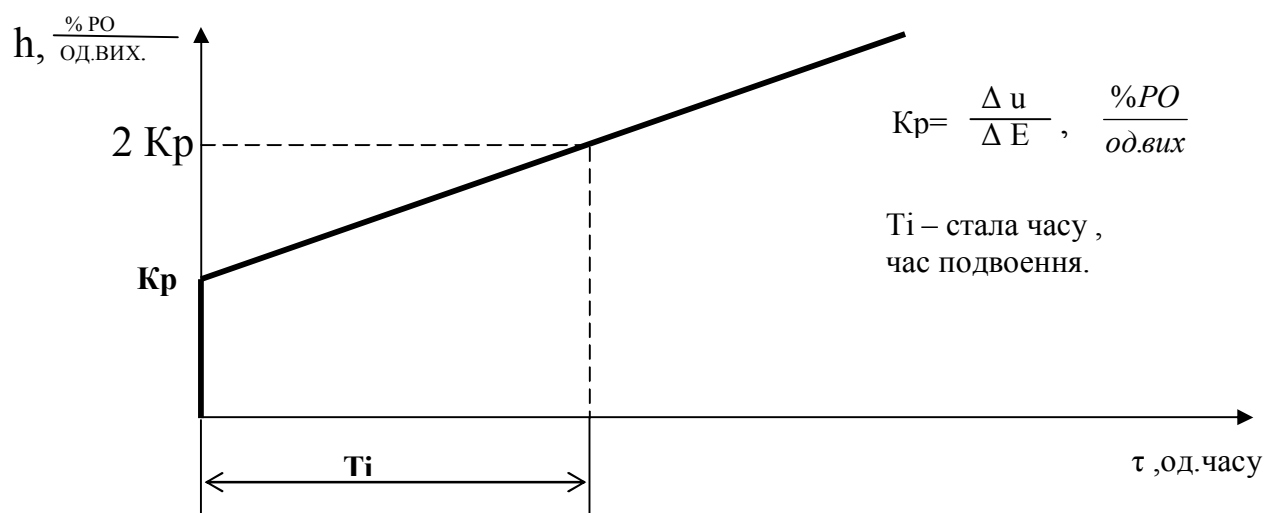
Скачкоподібне збурення



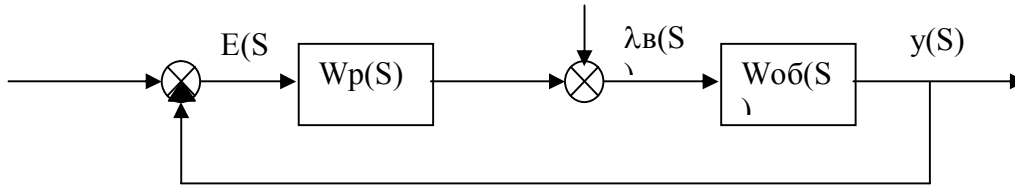
Крива розгону



Перехідна характеристика

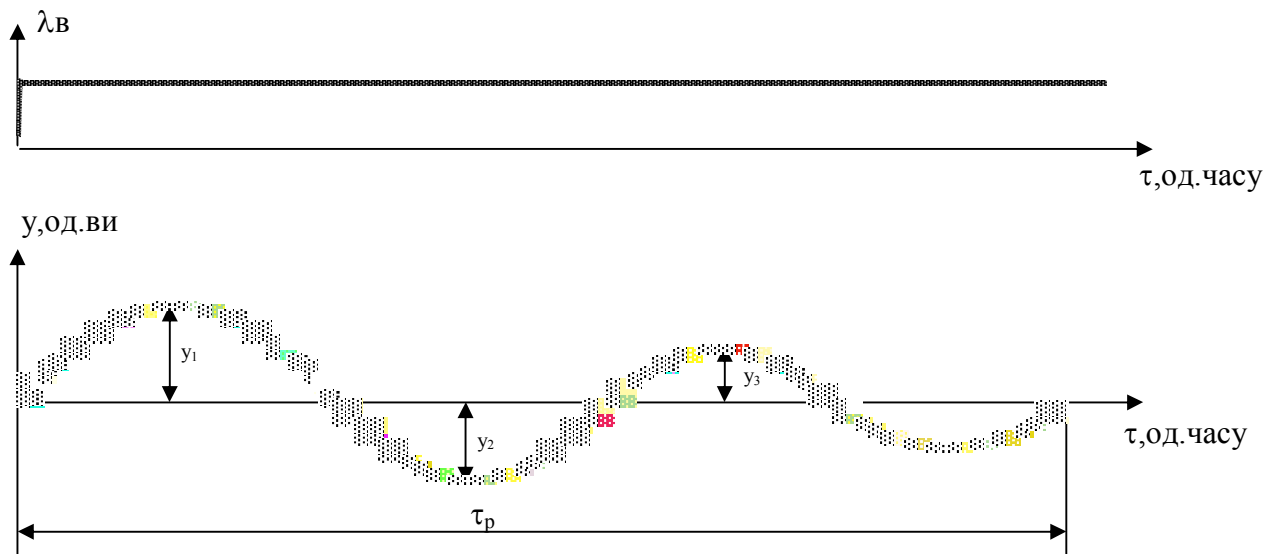


1.6 РОЗРАХУНОК РЕГУЛЯТОРУ І РЕГУЛЮЮЧОГО БЛОКУ



$$\frac{y}{\lambda_{\text{в}}}(S) = \frac{W_{\text{об}}(S)}{1 + W_{\text{об}}(S) \cdot W_p(S)}$$

1.6.1 ПЕРЕХІДНИЙ ПРОЦЕС В ЗАМКНЕНІЙ САР



y_1 – динамічний викид

τ_p – тривалість перехідного процесу

$$\eta = \frac{y_2}{y_1} \cdot 100 \quad - \text{перерегулювання (0-100\%)}$$

$$\psi = \frac{y_1 - y_3}{y_1} \quad - \text{ступінь затухання (1,0-)}$$

$$I_{\text{кв}} = \int_0^{\tau_p} y^2(\tau) d\tau \quad - \text{інтегральний квадратичний критерій [0-}\infty \text{ (од.вих}^2\text{)(од. часу)]}$$

1.6.2. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЯТОРУ

Тип перехідного процесу в замкненій САР при збуренні із сторони регулюючого органу		Параметри регулятора		Бажані параметри перехідного процесу			
		K_p	T_i	γ_1 , од.вих	τ_p , од.часу	$\eta, \%$	ψ
Аперіодичний	Об'єкт з самовирівнюванням	$0,6 \cdot \frac{1}{K_{об}} \cdot \frac{T_{об}}{\tau_{об}}$	$0,6 \cdot T_{об}$	До $0,6 \cdot K_{об} \cdot \Delta u$	До $10 \cdot \tau_{об}$ (до $2 \cdot T_{об}$)	0,0	1,0
	Об'єкт без самовирівнювання	$0,6 \cdot \frac{1}{\varepsilon_{об} \cdot \tau_{об}}$	$6,0 \cdot \tau_{об}$	-	До $10 \cdot \tau_{об}$	0,0	1,0
З 20%-м перерегулюванням	Об'єкт з самовирівнюванням	$0,7 \cdot \frac{1}{K_{об}} \cdot \frac{T_{об}}{\tau_{об}}$	$0,7 \cdot T_{об}$	До $0,4 \cdot K_{об} \cdot \Delta u$	До $15 \cdot \tau_{об}$ (до $3 \cdot T_{об}$)	20,0	1,0
	Об'єкт без самовирівнювання	$0,7 \cdot \frac{1}{\varepsilon_{об} \cdot \tau_{об}}$	$3,0 \cdot \tau_{об}$	-	До $15 \cdot \tau_{об}$	20,0	1,0
З мінімумом квадратичного інтегрального критерію	Об'єкт з самовирівнюванням	$1,0 \cdot \frac{1}{K_{об}} \cdot \frac{T_{об}}{\tau_{об}}$	$1,0 \cdot T_{об}$	До $0,2 \cdot K_{об} \cdot \Delta u$	До $20 \cdot \tau_{об}$ (до $4 \cdot T_{об}$)	40,0	0,85
	Об'єкт без самовирівнювання	$1,0 \cdot \frac{1}{\varepsilon_{об} \cdot \tau_{об}}$	$4,0 \cdot \tau_{об}$	-	До $20 \cdot \tau_{об}$	40,0	0,85

1.6.3 РОЗРАХУНОК РЕГУЛЮЮЧОГО БЛОКУ

$$V_{зв} = S_{po} \cdot \frac{K_{вим}}{K_p}, \frac{\%BB}{c}; V_{зв} = 0 \div 2,5 \frac{\%BB}{c}; \alpha_n = \frac{1}{V_{зз}}, \frac{c}{\%BB};$$

$$S_{po} = \frac{100 \% PO}{T_{BM}}, \frac{\% PO}{c}; K_{вим} = \frac{100 \% BB}{(y_{\max} - y_{\min})}, \frac{\% BB}{од.вих}; [K_p] = \frac{\% PO}{од.вих}$$

1.7 СПОСОБИ КОРИГУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ПЕРЕДАЧІ ОБ'ЄКТУ

$$K_{об} = K_{ТОУ} \cdot K_{КМ} \cdot K_{РО}$$

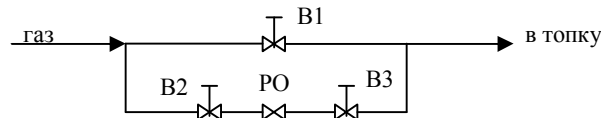
$K_{об}$ – коефіцієнт передачі об'єкту управління

$K_{ТОУ}$ – коефіцієнт передачі технологічного об'єкту управління

$K_{КМ}$ – коефіцієнт передачі кінематичного механізму «вал виконавчого механізму – вал регулюючого органу»

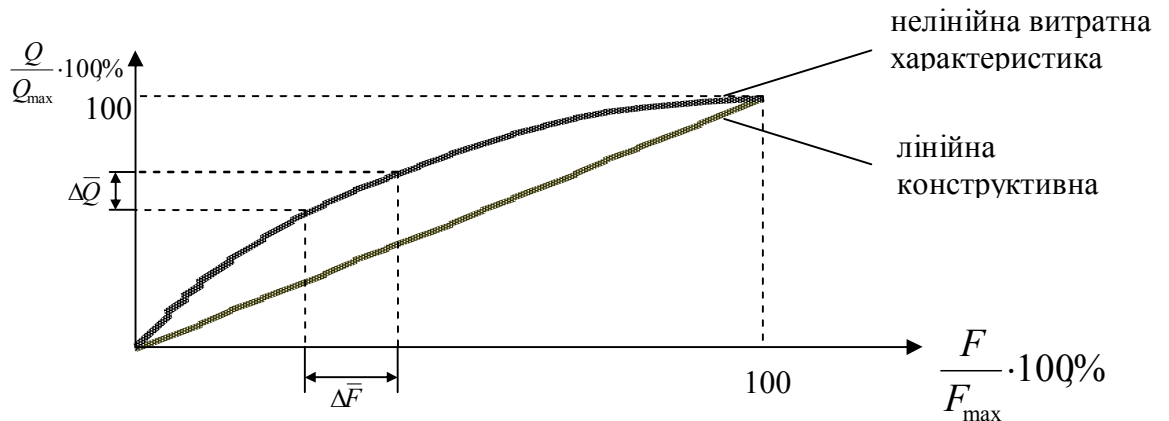
$K_{РО}$ – коефіцієнт передачі регулюючого органу

- Коригування $K_{об}$ зміною $K_{ТОУ}$ (байпасуванням витрати регулюючого середовища)
 $B1, B2, B3$ – допоміжні вентиля
 PO – регулюючий орган



- Коригування $K_{об}$ зміною $K_{РО}$ (вибором робочого діапазону витратної характеристики регулюючого органу)

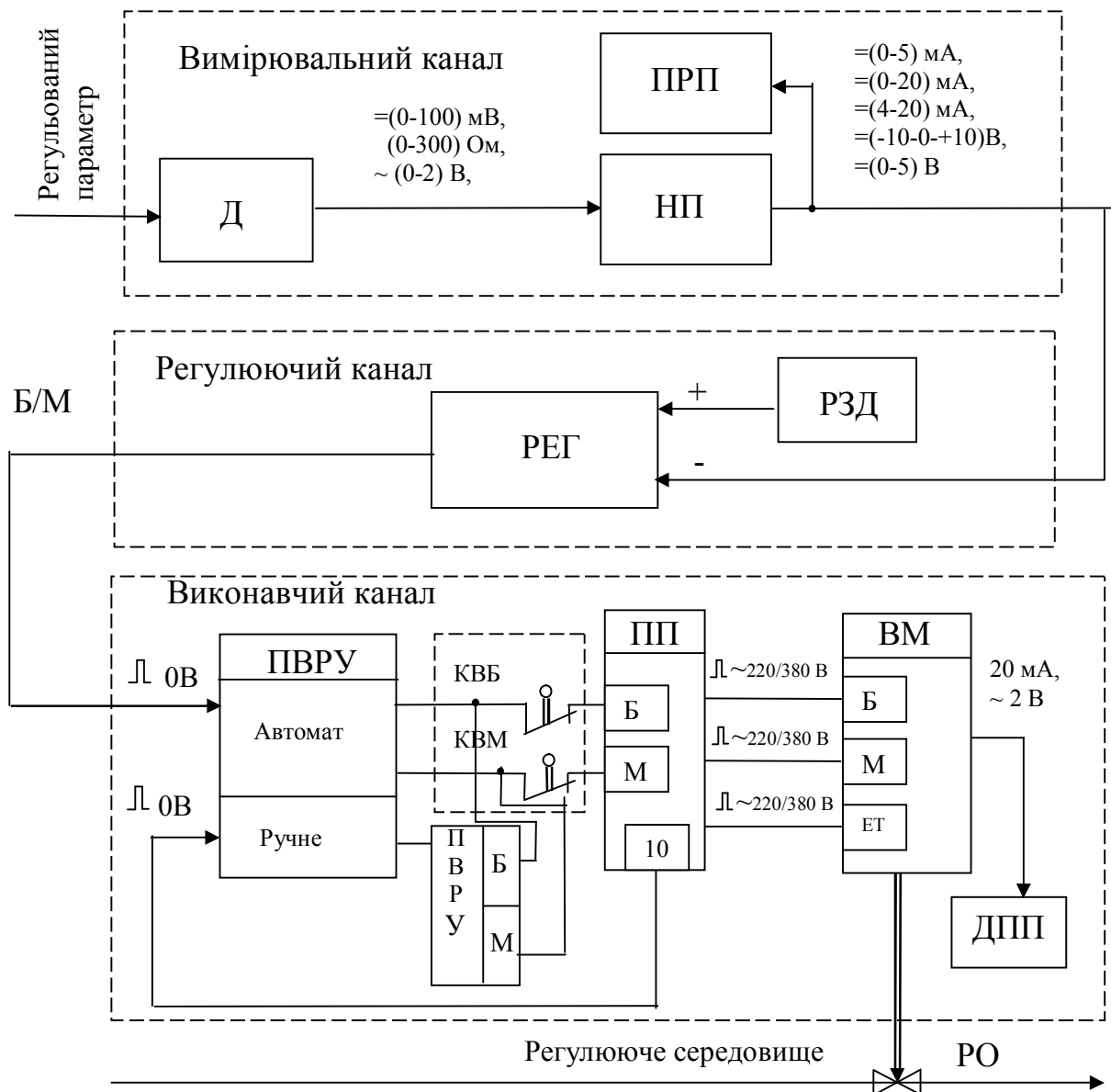
$$Q = K \cdot F \cdot \sqrt{\Delta P_{PO}}$$



$$K_{PO} = \frac{\Delta \bar{Q}}{\Delta \bar{F}} = \frac{\Delta Q}{\Delta F}; \Delta \bar{F} \text{ - робочий діапазон регулюючого органу}$$

- Коригування $K_{об}$ зміною $K_{КМ}$ (вибором довжин важелів і початкових кутів взаємне розташування важелів кінематичного механізму “виконавчий механізм – регулюючий орган”)

1.8 СХЕМА СТРУКТУРНА КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПРОМИСЛОВОЇ АСР РЕЖИМНОГО ПАРАМЕТРУ



Д-давач

НП-нормуючий перетворювач

ПРП-показуючий /реєструючий прилад

РЗД-ручний задатчик

РЕГ-регулюючий блок/програмований контролер

Б,М-команди (входи/виходи) БІЛЬШЕ ,МЕНШЕ

ПВРУ-перемикач вибору режиму управління (АВТОМАТ/РУЧНИЙ, БІЛЬШЕ/МЕНШЕ)

ПП-підсилювач потужності

КВБ,КВМ-кінцевий вимикач БІЛЬШЕ і МЕНШЕ відповідно

ВМ-виконавчий механізм

ЕТ-електричне гальмо

РО-регулюючий орган

ДПП-дистанційний показчик положення валу ВМ/РО

1.9 ЗАДАЧІ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ОБ'ЄКТІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ

№ п/п	Функція	Задача	АСР режимного параметру	Тип АСР
1	2	3	4	5
1	Регулювання температурного режиму	1.1. Стабілізація температури газового середовища впродовж прохідної топки (позонна стабілізація температури) 1.2. Програмне регулювання (в часі) температури газового середовища в камерній топці	АСР температури газового середовища	Одноконтурна САР. Двоконтурна САР "температура- задана витрата палива"
2	Регулювання економічності згоряння палива	2.1. Стабілізація витрати повітря на значенні $(\alpha^* \cdot L_0 \cdot B_n)$, де B_n -поточна витрата палива, α^* - заданий коефіцієнт надлишку (витрати) повітря, L_0 - стехіометричне співвідношення "повітря / паливо" 2.2. Стабілізація витрати повітря на уставці, що визначається регулятором температури 2.3. Стабілізація вмісту кисню в димових газах	2.1. АСР коефіцієнту надлишку повітря 2.2. АСР витрати повітря 2.3. АСР вмісту кисню в димових газах	2.1. Одноконтурна САР 2.2. Одноконтурна САР 2.3. Двоконтурна САР " вміст кисню - заданий коефіцієнт надлишку повітря (задана витрата повітря)".
3	Регулювання аеродинамічного (гідравлічного) режиму топки	Стабілізація розрідження (тиску) в топці	АСР розрідження (тиску) в топці	Одноконтурна САР. Комбінована САР (з компенсацією збурення витратою повітря)

4	Регулювання продуктивності	4.1. Стабілізація рівня рідини в акумуляторному баці (барабані котла) 4.2. Стабілізація швидкості обертання ротору турбіни	4.1. АСР рівня 4.2. АСР числа обертів	4.1. Одноконтурна САР. САР з триім-пульсним регулятором 4.2. Двоконтурна САР "частота змінного струму – потужність - число обертів ротору"
1	2	3	4	5
		4.3. Стабілізація тиску в колекторі	4.3. АСР тиску в колекторі	4.3. Одноконтурна САР. Система зв'язаного регулювання
5	Регулювання перегріву пари	5.1. Стабілізація температури первинної пари 5.2. Стабілізація температури вторинної пари	5.1. АСР температури первинної пари 5.2. АСР температури вторинної пари	Двоконтурна САР (з корекцією за температурою із проміжної точки об'єкту)

1.10 ПЕРЕЛІК ЗАДАЧ РІВНЯ КООРДИНАЦІЇ АСУТП (на прикладі АСУТП нагріву слябів в методичній печі)

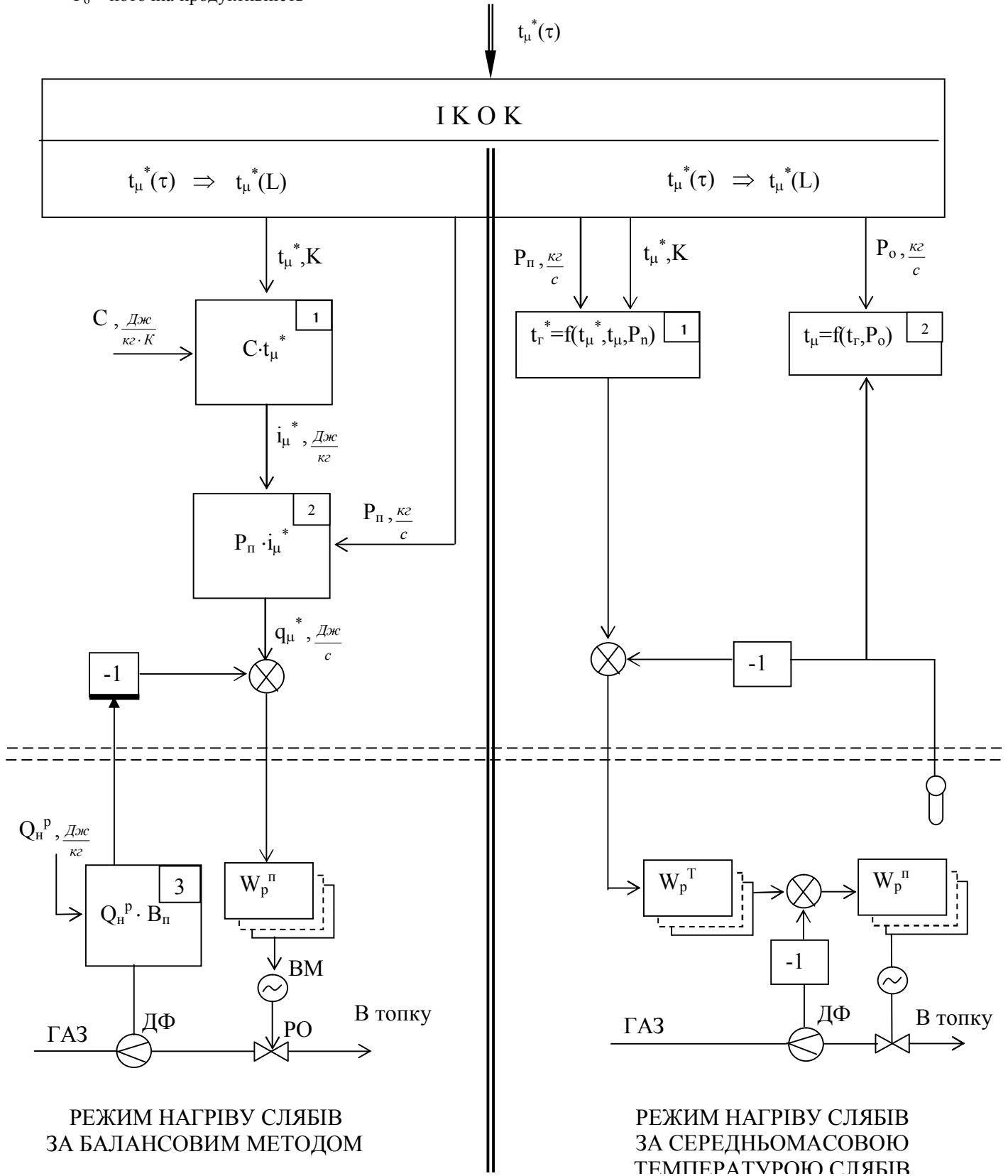
№ п/п	Функція/задача	Система автоматичного управління/комплекс задач
1	Інформаційне супроводження слябів в методичних печах	САУ транспортування слябів
2	Прогноз темпу прокатки (тривалості нагріву слябів в печах)	Комплекс задач прогнозування темпу прокатки
3	Вирішення задач внутрішнього і зовнішнього теплообміну	Комплекс задач розрахунку теплообміну
4	Реалізація гарантованого режиму нагріву слябів з фіксуванням моменту виходу в режим витомлення	САУ нагрівом слябів
5	Реалізація режиму нагріву слябів за середньомасовою температурою слябів	САУ нагрівом слябів
6	Реалізація режиму нагріву слябів за балансовим методом	САУ нагрівом слябів
7	Діагностування стану автоматизованого технологічного комплексу, розрахунок техніко-економічних показників	Комплекс задач діагностики і розрахунку техніко-економічних показників

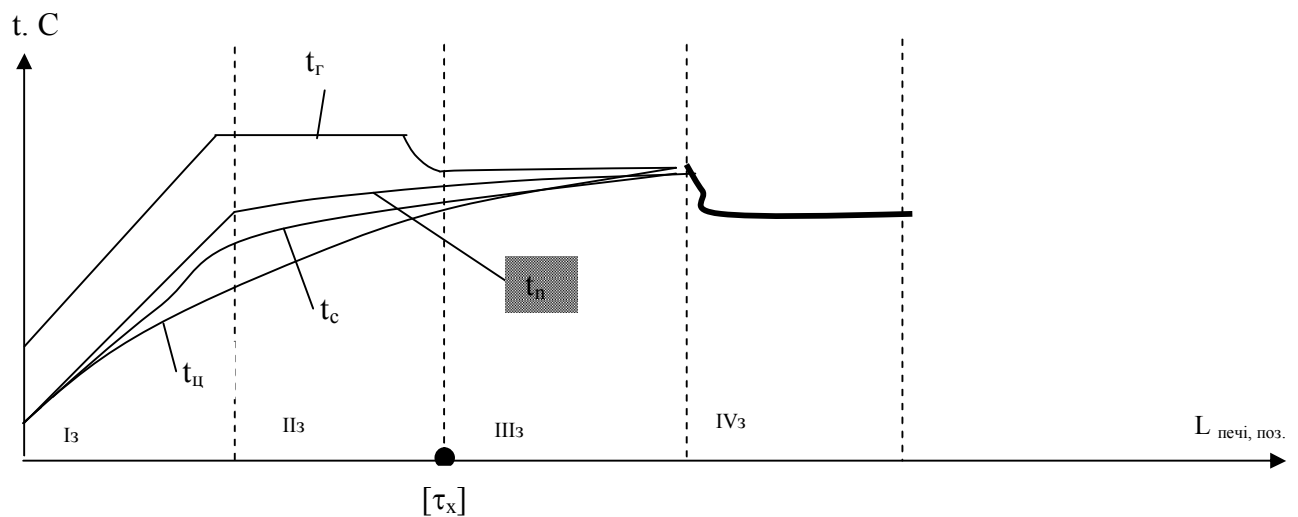
1.11 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЖИМУ НАГРІВУ СЛЯБІВ

Режимна карта (статична і динамічна оптимізація off-line)

P_n – продуктивність, що прогнозується

P_o – поточна продуктивність





1.11.1 ГРАФІК ГАРАНТОВАНОГО НАГРІВУ СЛЯБІВ

I₃ – зона швидкого нагріву при $q=\text{const}$

II₃ – зона витрати при $t_r^*=\text{const}$

III₃ – зона витомлення при $t_r^{**}=\text{const}, t_r^{**} \leq t_r^*$

IV₃ – зона охолодження при $t_r^{***}=\text{const}, t_r^{***} \leq t_r^{**}$

t_r – температура газового середовища

t_n – температура поверхні слябу

t_c – температура центру слябу

t_c – середньомасова температура слябу

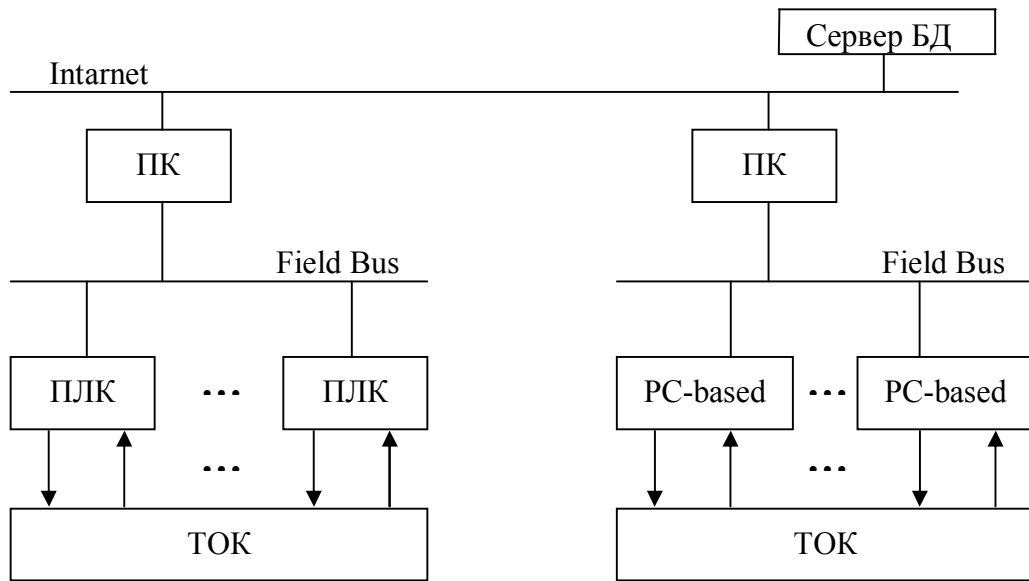
τ_x – момент фіксації виходу слябів в режимі витомлення (момент τ_x кореспондується з відповідною позицією нагріву в печі; вірогідність правильної фіксації)

$$P = \prod_{i=1}^n (1 - p_i),$$

де p_i – вірогідність правильної фіксації моменту виходу в режим витомлення за окремою ознакою,

n – кількість вибраних ознак, при цьому $P > \min \{P_i\}$

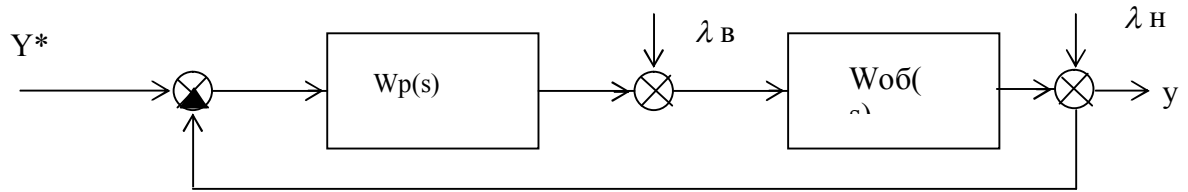
1.12 СХЕМА ДВОРІВНЕВОЇ АСУ ТП



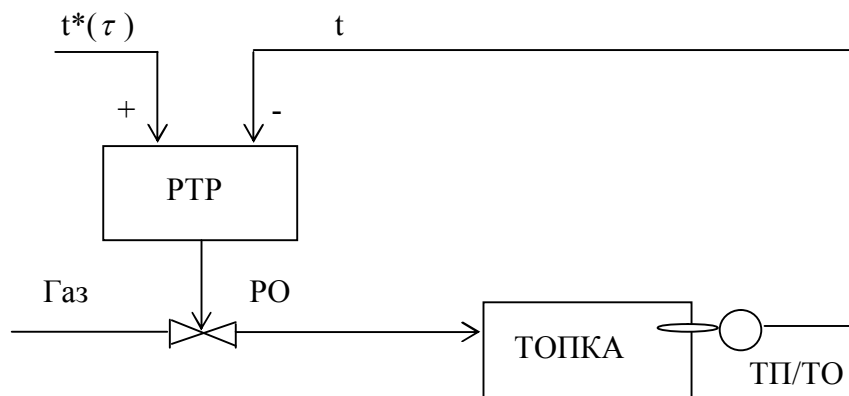
Сервер БД - сервер бази даних
 ПК - персональний комп'ютер
 Intranet - центральна обчислювальна мережа
 Field Bus - польова шина
 ПЛК - програмований логічний контролер
 PC-based
 ТОК - технологічний об'єкт керування

2. СХЕМИ СТРУКТУРНІ І ФУНКЦІОНАЛЬНІ ТИПОВИХ АСР ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

2.1 СТРУКТУРНА СХЕМА ОДНОКОНТУРНОЇ САР

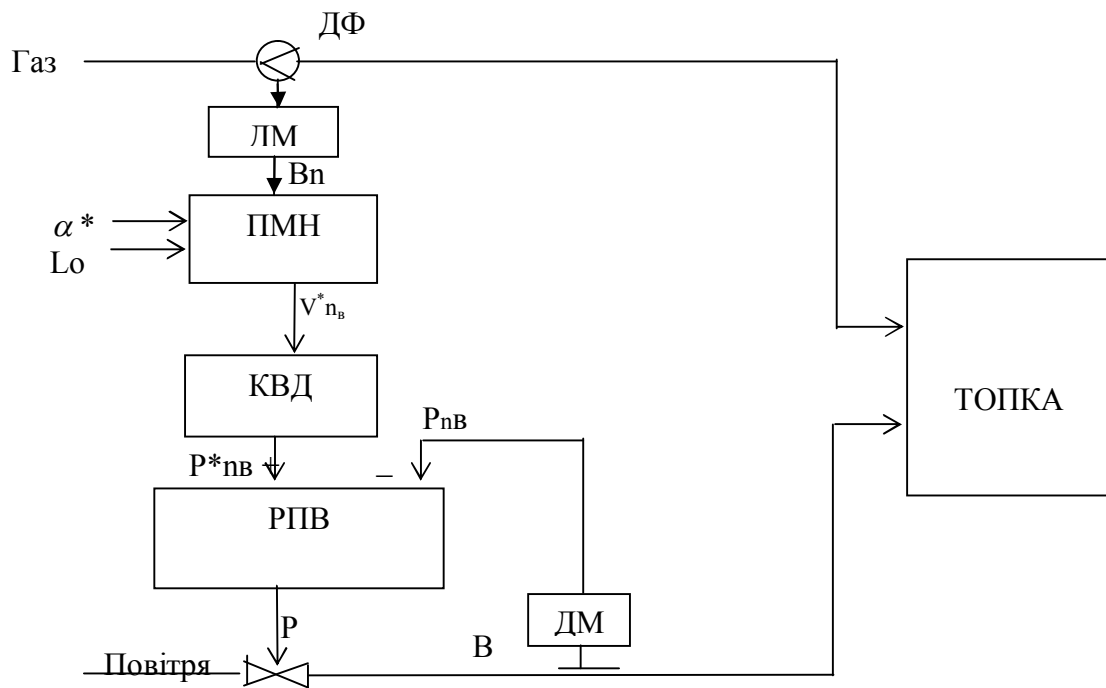


2.2 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТЕМПЕРАТУРИ



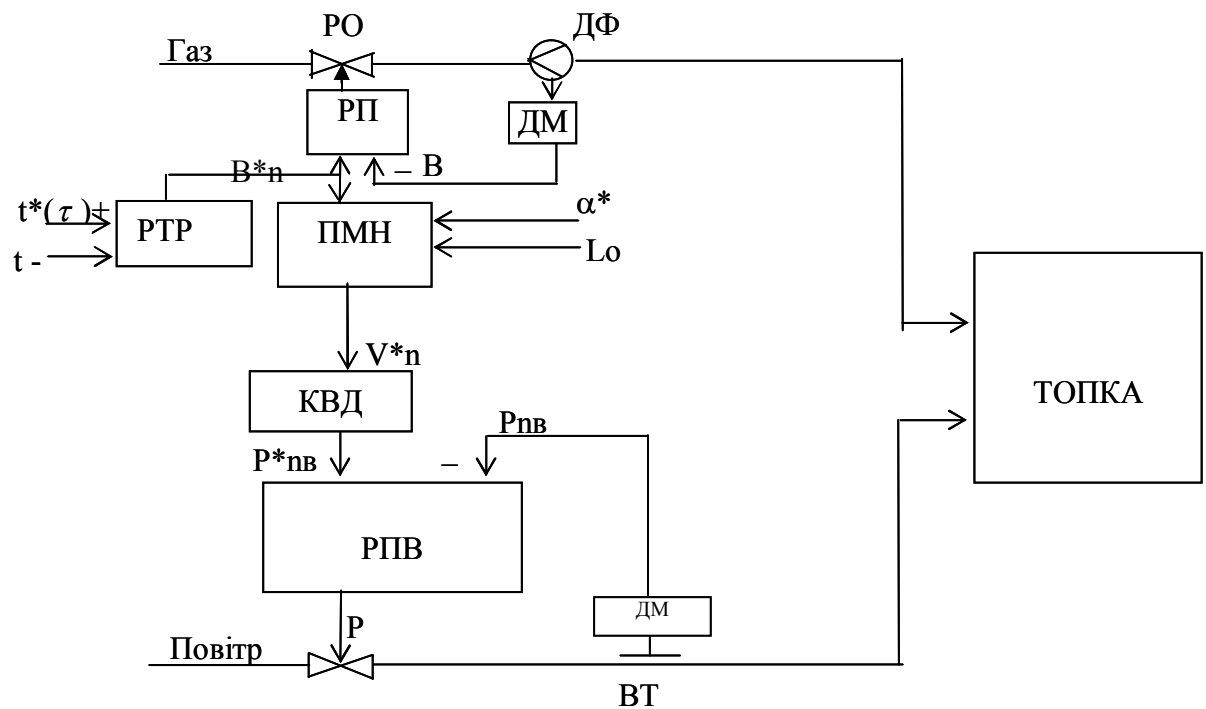
РТР-регулятор температуры
 ТП/ТО- термopа/термометр опорy
 РО-регулюющй орган

2.3 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР КОЕФІЦІЕНТУ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ



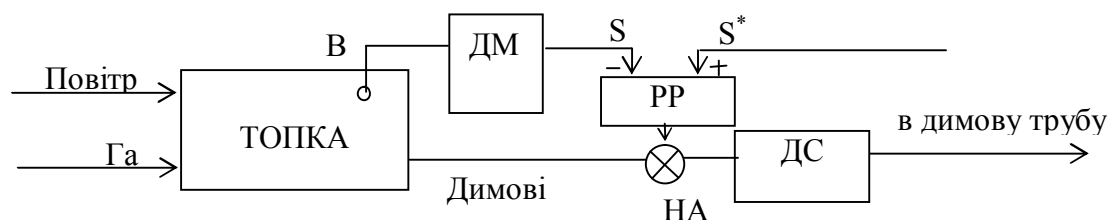
РПВ- регулятор витрати повітря
 ПМН-перемножувач (блок множення)
 КВД- квадратор (блок взведення в квадрат)
 ДМ-дифманометр
 ДФ-діафрагма
 ВТ-відбір тиску
 РО-регулюючий орган

2.4 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ВИТРАТИ ПОВІТРЯ



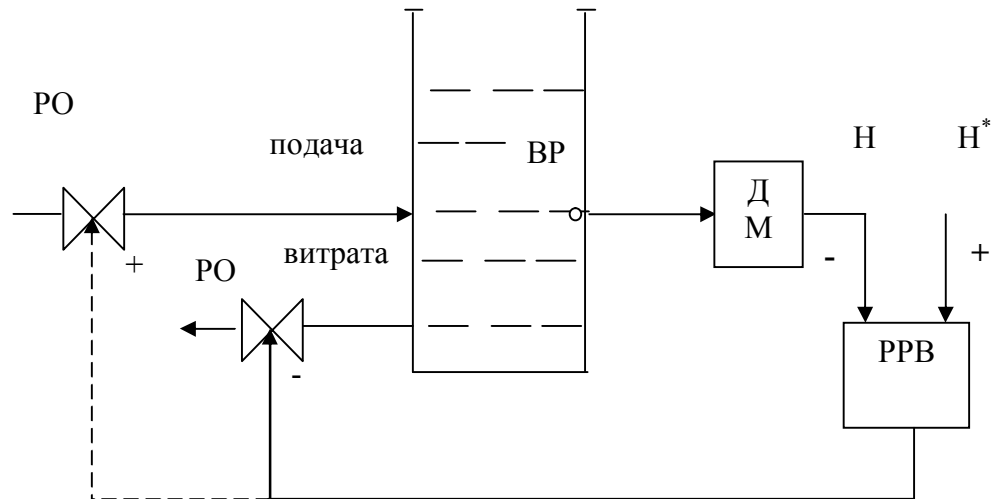
РТР-регулятор температури
 РП- регулятор витрати палива
 РПВ-регулятор витрати повітря
 ДМ-дифманометр
 ПМН-перемножувач
 КВД-квадратор
 ВТ-відбір тиску
 ТП/ТО-термопара/термометр опору
 РО-регулюючий орган

2.5 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР РОЗРІДЖЕННЯ В ТОПЦІ



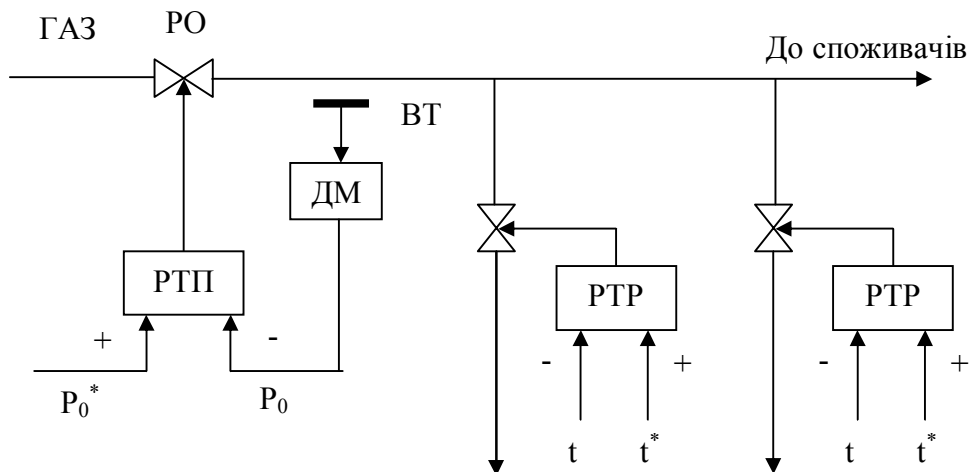
РР-регулятор розрідження
 ДС-димосос
 НА-направляючий апарат димососу
 ВР-відбір розрідження в верхній частині тої
 ДМ-дифманометр

2.6 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР РІВНЯ

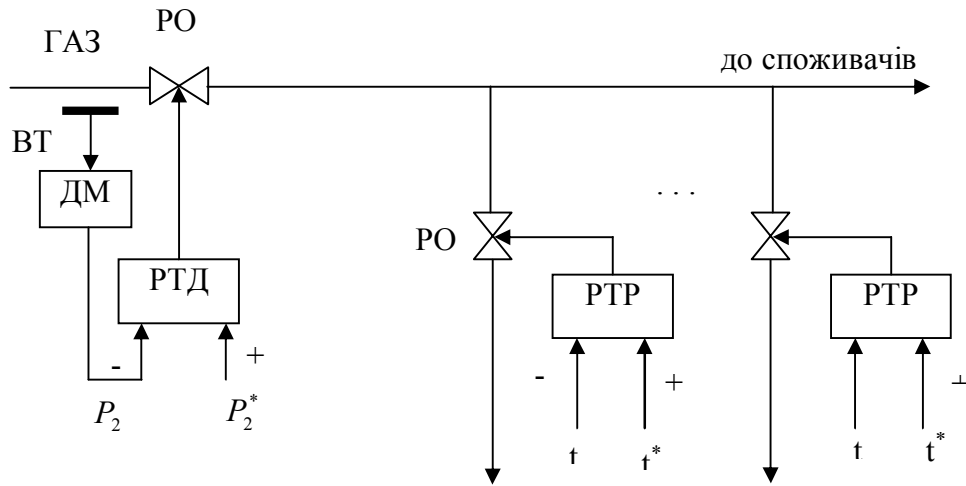


РРВ – регулятор рівня
 ДМ – дифманометр
 ВР – відбір імпульсу рівня
 РО – регулюючий орган

2.7 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТИСКУ В КОЛЕКТОРІ

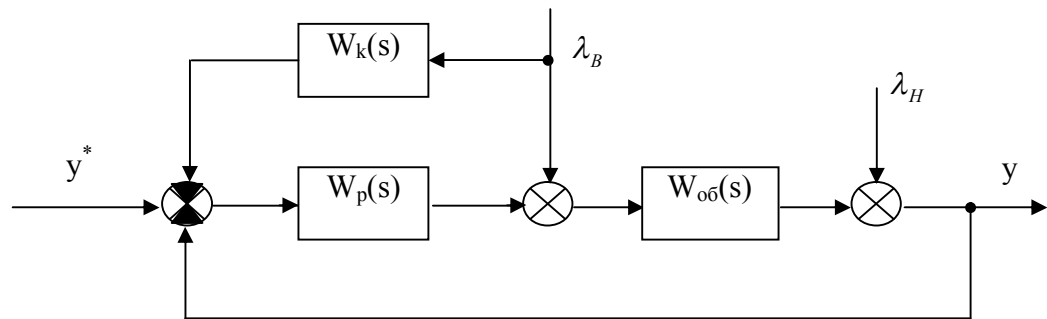


а) РТП – регулятор тиску " після себе " (стабілізація витрати газу на значенні, що визначається потребами споживачів); РО – регулюючий орган; ДМ – дифманометр; ВТ – відбір тиску; РТР – регулятор температури (у споживачів).



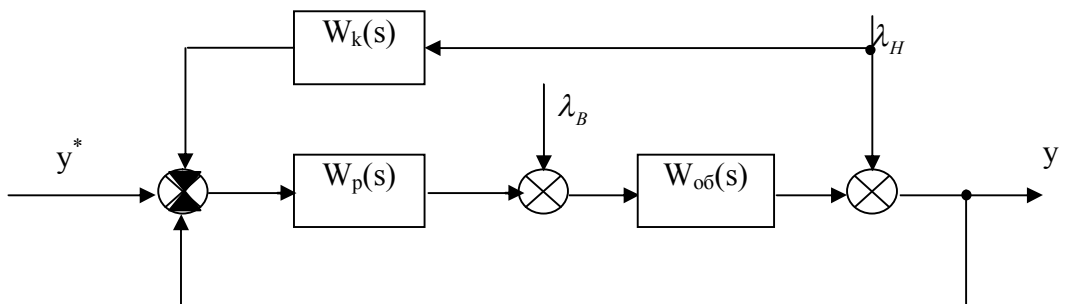
б) РТД – регулятор тиску " до себе " (стабілізація заданої витрати палива); РО – регулюючий орган; ДМ – дифманометр; ВТ – відбір тиску; РТР – регулятор температури (у споживачів).

2.8 СТРУКТУРНА СХЕМА КОМБІНОВАНОЇ САР



а) Парування збурення із сторони регулюючого органу

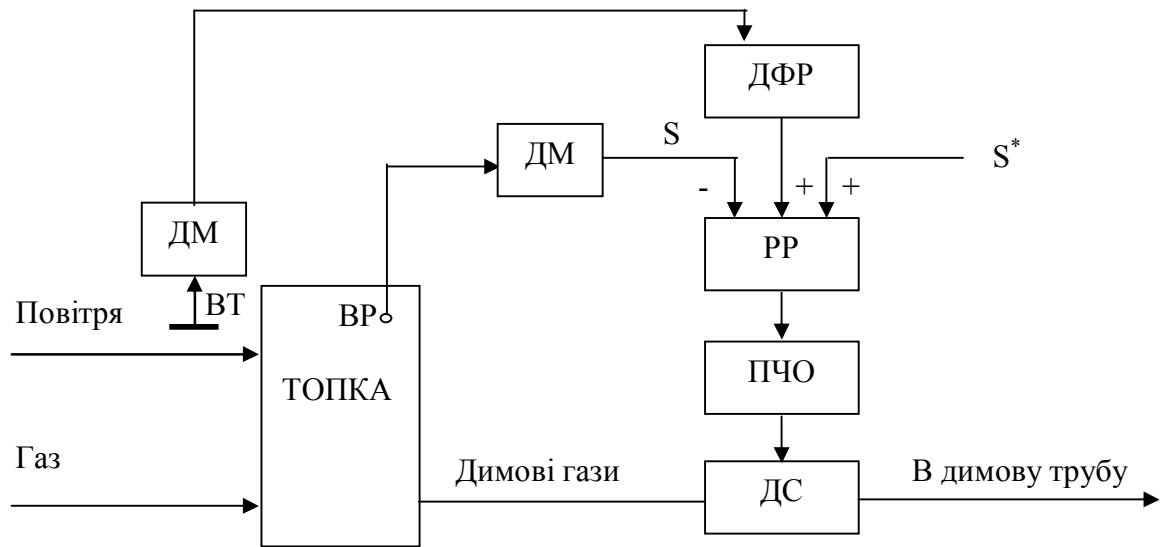
$$W_K = \frac{1}{W_P}$$



б) Парування збурення із сторони навантаження

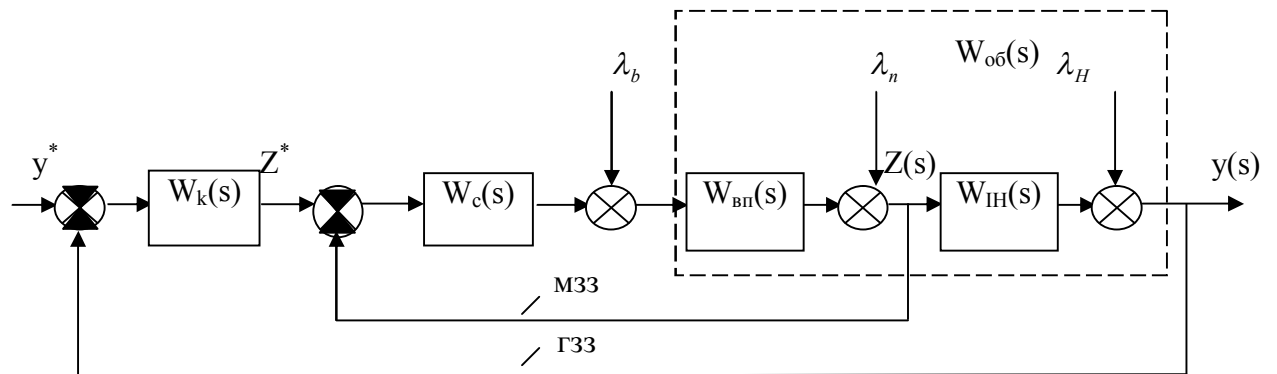
$$W_k = \frac{1}{W_P \cdot W_{OB}}$$

2.9 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР РОЗРІДЖЕННЯ



РР – регулятор розрідження; ВТ – відбір тиску; ВР – відбір розрідження; ДМ – дифманометр; ПЧО – перетворювач частоти обертання; ДС – димосос; ДФР – диференціатор.

2.10 СТРУКТУРНА СХЕМА КАСКАДНОЇ САР З ДВОМА РЕГУЛЯТОРАМИ



$W_k(s)$ - передаточна функція коригуючого регулятора

$W_c(s)$ - передаточна функція стабілізуючого регулятора

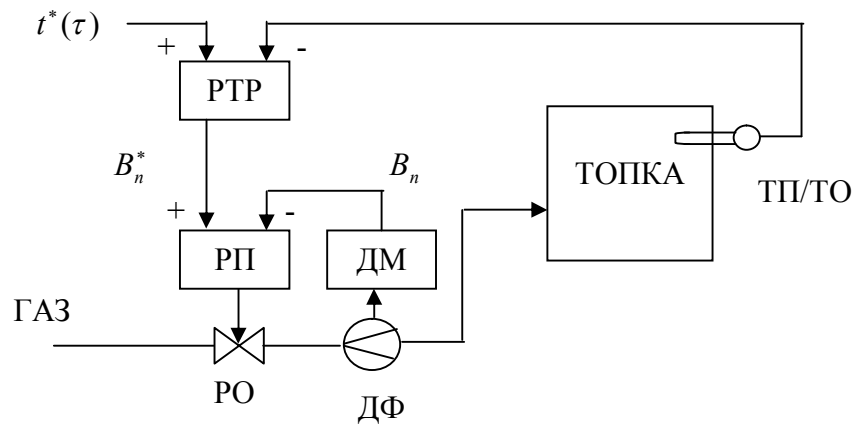
$W_{вп}(s)$ - передаточна функція випереджаючої частини об'єкта управління $W_{об}(s)$

$W_{ін}(s)$ - передаточна функція інерційної частини об'єкта управління $W_{об}(s)$

ГЗЗ – головний зворотній зв'язок

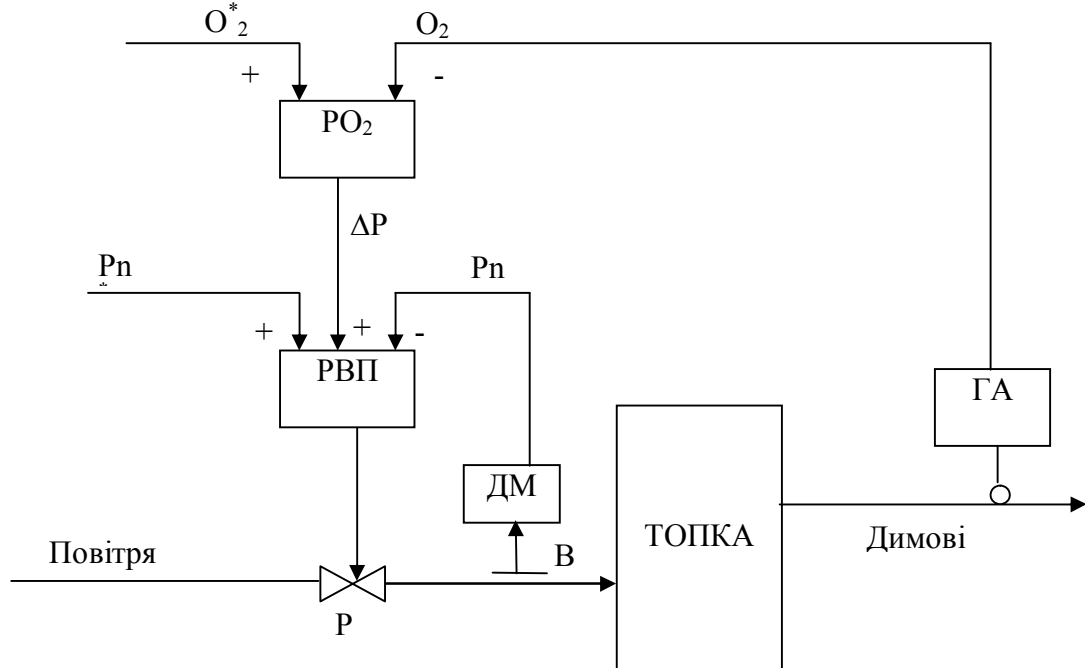
мзз – місцевий зворотній зв'язок

2.10.1 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТЕМПЕРАТУРИ

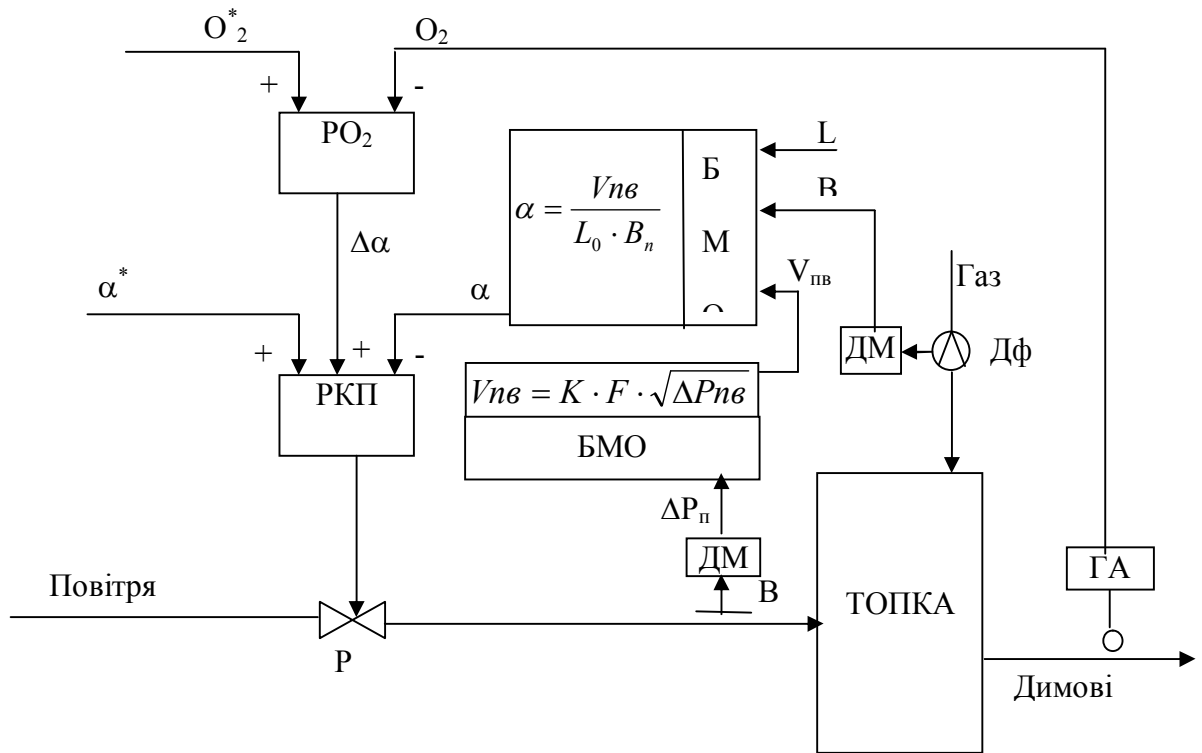


РТР – регулятор температури
 РП – регулятор витрати палива
 ДФ – діафрагма
 ДМ – дифманометр
 ТП/ТО – термопара/термометр опору
 РО – регулюючий орган

2.10.2 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ВМІСТУ КИСНЮ

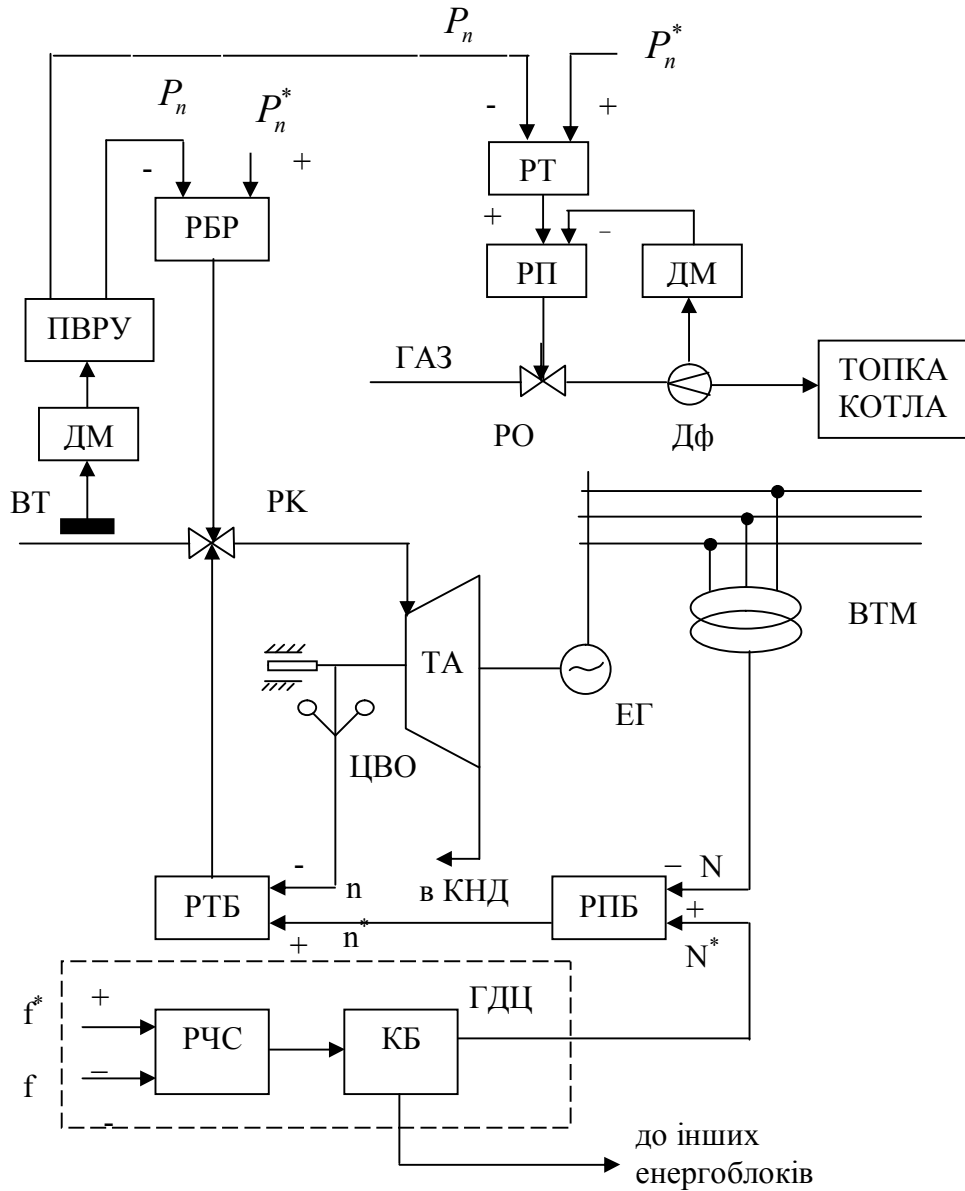


а) з регулятором витрати повітря
 РО₂ – регулятор вмісту кисню в димових газах
 РВП – регулятор витрати повітря
 ДМ – дифманометр
 ВТ – відбір тиску
 ГАЗ – газоаналізатор (на кисень)
 РО – регулюючий орган



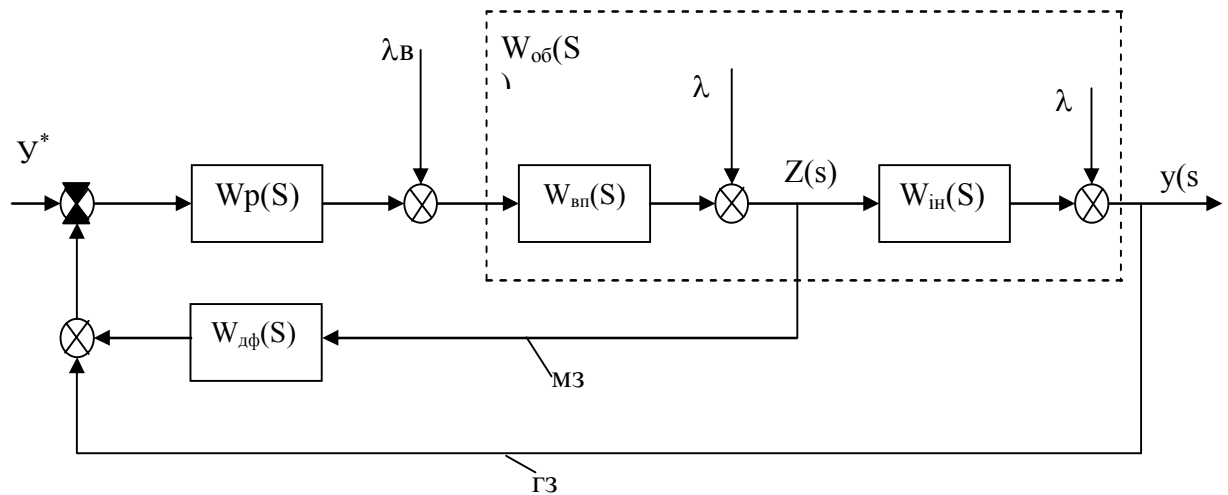
- б) з регулятором коефіцієнту витрати повітря
 PO_2 – регулятор вмісту кисню в димових газах
 $РКП$ – регулятор коефіцієнту витрати повітря
 $ДМ$ – дифманометр
 $ВТ$ – відбір тиску
 $ГА$ – газоаналізатор (на кисень)
 $РО$ – регулюючий орган
 $БМО$ – блок математичних операцій
 $Дф$ - діафрагма

2.10.3 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ПОТУЖНОСТІ ЕНЕРГОБЛОКУ



ТА-турбоагрегат ; РК-регулюючі клапани турбіни ; ВТ-відбір тиску ; ДМ-дифманометр ; ДФ-діафрагма ; РО-регулюючий орган ; ВТМ-трифазний ваттметр ; КНД-конденсатор турбіни ; ЕГ- електрогенератор ; ЦВО-центробіжний вимірювач числа обертів турбіни ; РТБ-регулятор числа обертів турбіни (поставляється комплектно з ЦВО як обладнання ТА); ПВРУ-перемикач вибору режиму роботи котла ; РБР-регулятор базового режиму роботи котла ($D_{np} = \text{const}$); РТ-регулятор тиску пари ; РП-регулятор витрати палива ; РЧС-регулятор частоти ($f^* = 50 \text{ Гц}$) системний ; ГДЦ- головний диспетчерський центр енергосистеми ; РПБ-регулятор електричної потужності енергоблоку ; КБ-командний блок для формування заданих потужностей

2.11 СТРУКТУРНА СХЕМА ДВОІМПУЛЬСНОЇ САР



$W_p(s)$ -передаточна функція регулятора

$W_{вп}(s)$ - передаточна функція випереджаючої частини об'єкту управління $W_{об}(S)$

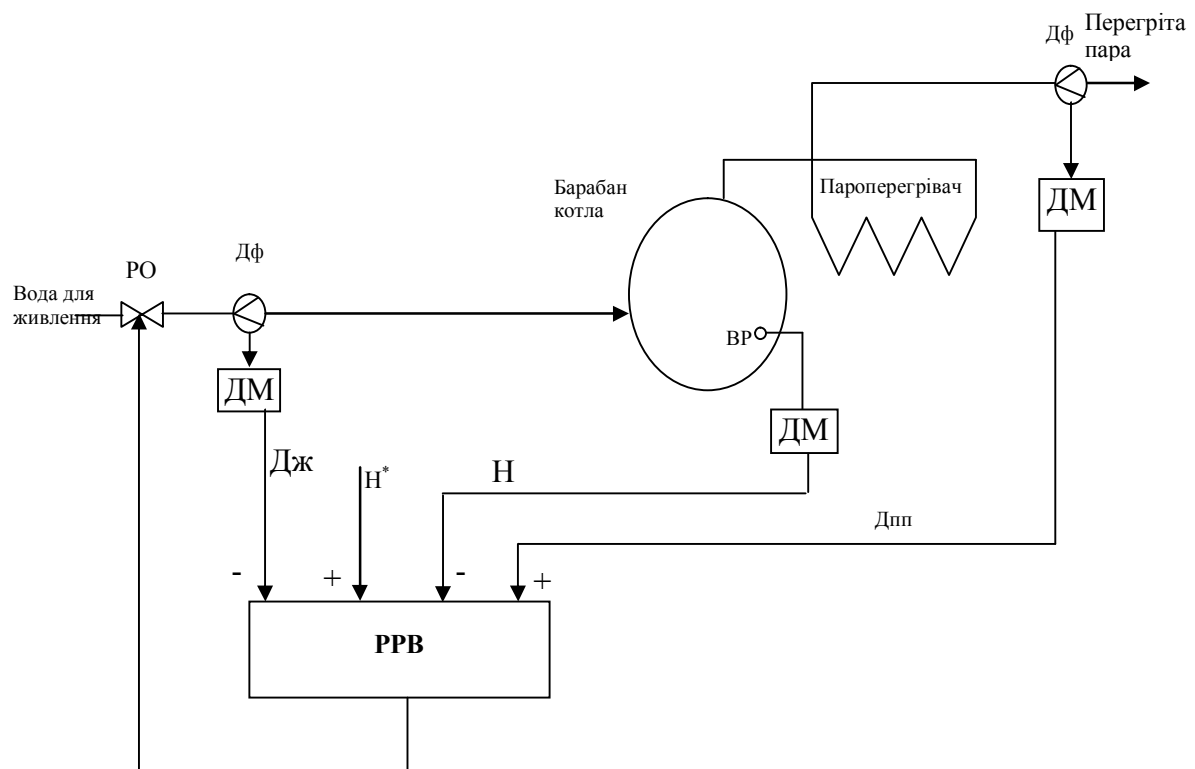
$W_{ін}(s)$ - передаточна функція інерційної частини об'єкту управління $W_{об}(S)$

гзз – головний зворотній зв'язок

мзз – місцевий зворотній зв'язок

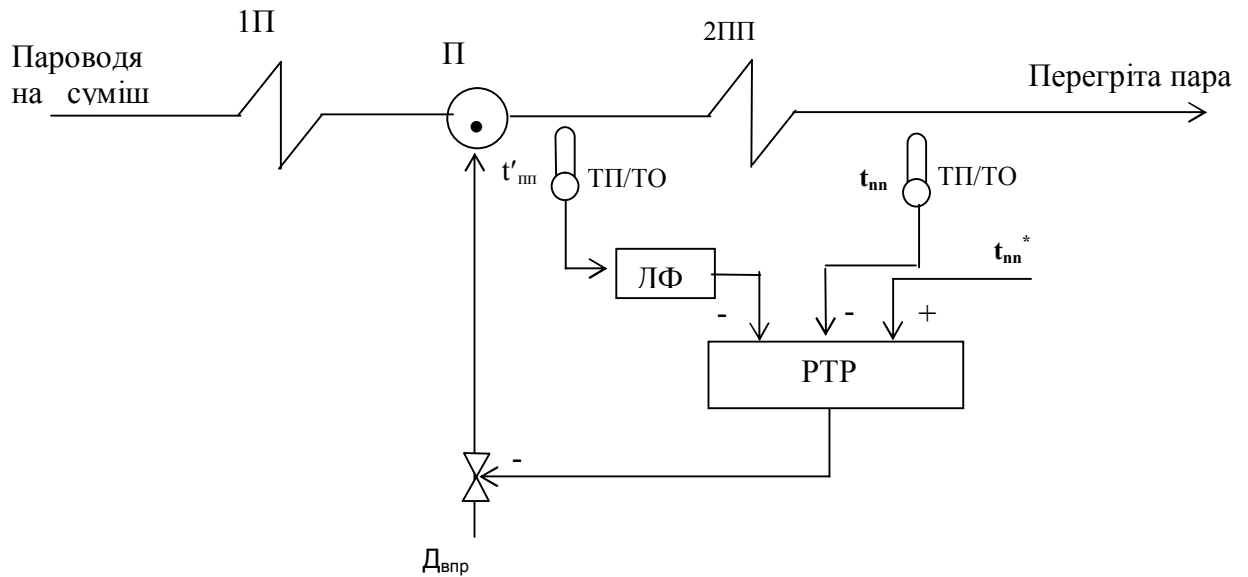
$W_{дф}(S)$ – передаточна функція компенсатора (ланки реального диференціювання)

2.11.1 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР РІВНЯ В БАРАБАНІ КОТЛА



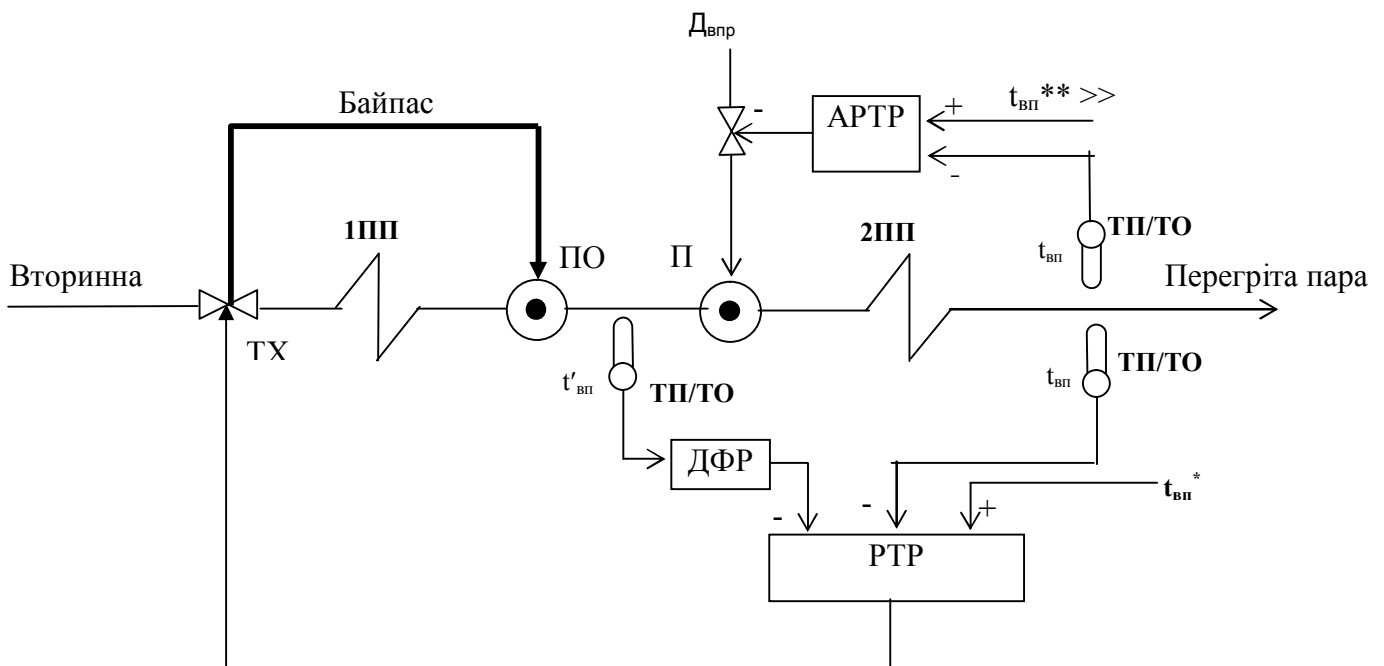
РРВ – регулятор рівня води в барабані котла; ВР – відбір рівня; РО – регулюючий орган
Дф - діафрагма; ДМ – дифманометр

2.11.2 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРВИННОЇ ПАРИ



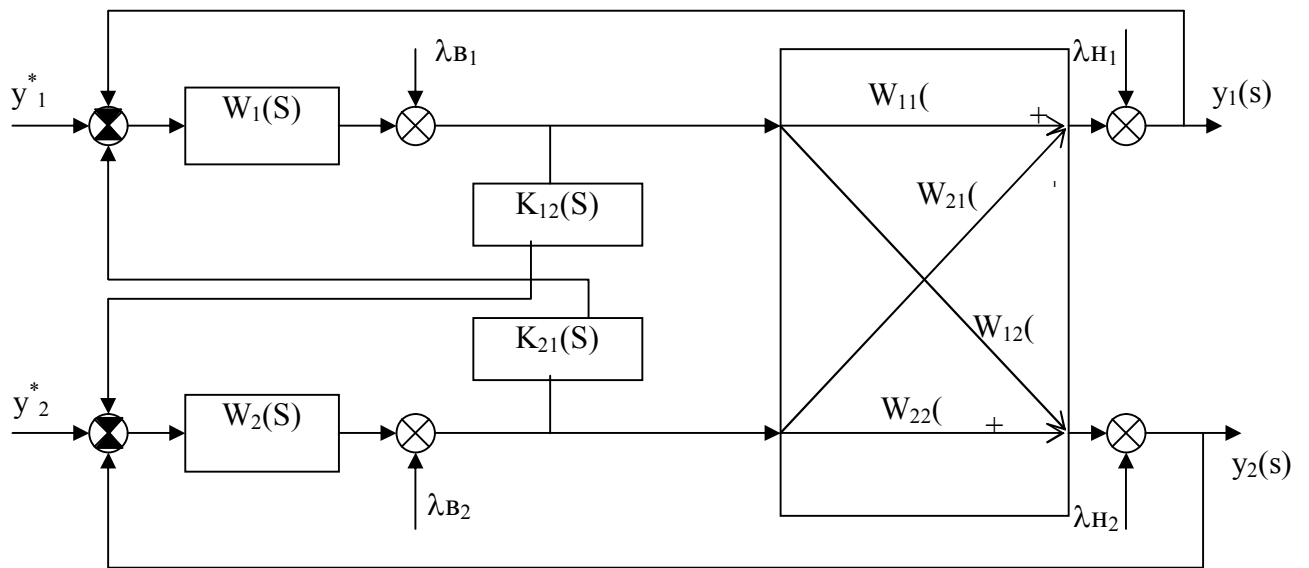
РТР- регулятор температури; ДФР- реальний диференціатор; ПП- паропідігрівач (1 і 2 ступінь); ПО- парохолоджувач змішуванням; ТП/ТО- термопара/ термометр опору

2.11.3 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ТЕМПЕРАТУРИ ВТОРИННОЇ ПАРИ



РТР- регулятор температури; ДФР- реальний диференціатор; АРТР- аварійний (такий, що стереже) регулятор температури; ПП- паропідігрівач (1 і 2 ступінь); ПО - парохолоджувач змішуванням; ТХК- триходовий клапан; ТП/ТО- термопара/термометр опору

2.12 СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗАННОГО РЕГУЛЮВАННЯ



$W_{11}(S), W_{22}(S)$ – передаточні функції прямих зв'язків

$W_{12}(S), W_{21}(S)$ – передаточні функції перехресних зв'язків

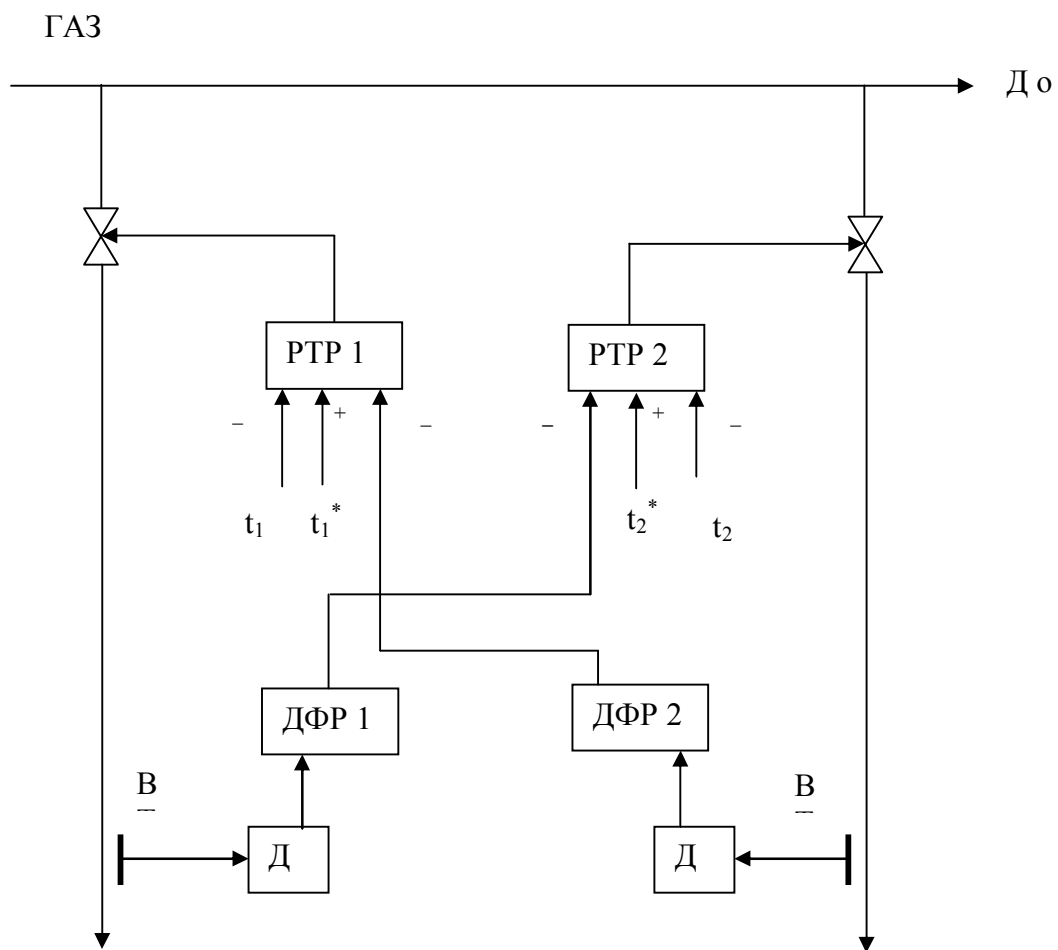
$W_1(S), W_2(S)$ – передаточні функції регуляторів

$K_{12}(S), K_{21}(S)$ – передаточні функції компенсаторів перехресних зв'язків

$$K_{12} = \frac{W_{12}}{W_2 \cdot W_{22}}$$

$$K_{21} = \frac{W_{21}}{W_1 \cdot W_{11}}$$

2.12.1 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА АСР ВИТРАТ ПАЛИВА СПОЖИВАЧАМИ ГАЗОВОГО КОЛЕКТОРУ



РТР 1, РТР 2 – регулятори температури

ДФР 1, ДФР 2 – дифференціатори

Дм – дифманометри

ВТ – відбори тиску

3. СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Всі схеми функціональні наведені у трьох варіантах. В першому варіанті використані локальні регулятори, в другому та третьому – програмовані контролери. У таблиці нижче наведені типові елементи схем автоматизації та прилади, які їм відповідають.

Елемент схеми функціональної автоматизації		Умовне позначення	Можлива технічна реалізація
1		2	3
Давач	температури	TE	Термоперетворювачі опору та термо-електричні термометри серії Метран-200
	тиску	PE	Метран-43, Метран-45, Сапфир-22М
	витрати	FE	Метран-22-ДД (разом з діафрагмою)
	рівня	LE	Метран-43-ДГ
Нормуючий перетворювач		TY, PY, FY, LY	ИПМ 0196/М1, БПК-40 (добування кореня)
Задавач		H	ЗУ-11, ЗУ-05
Регулятор	релейний	PC, TC, FC, LC	РС-29.х.хх, Р-25.х
	аналоговий	-- // --	Р-12
Блок управління	релейний	HSA	БУ-21, БРУ-42 М
	аналоговий	HC	БУ-12
Виконавча апаратура	Пускач реверсивний (для ВМ постійної швидкості)	NS	ПБР-2М, ПБР-3А, ПМЕ
	Повторювач сигналу (для ВМ змінної швидкості)	NC	У-252, Altivar 18
	ВМ постійної швидкості	--	МЭО
Вимірвальна апаратура	Значення параметру	PIR, TIR, FIR, LIR	КСД-250, А543, А100, А100-Н
	Положення ВМ	GI	ДУП-М, БСПТ-10, БСПР-10

Далі в схемах апаратура розміщується, для спрощення, на одному щиті управління. Це є придатним для невеликих об'єктів із незначним обсягом автоматизації. Для великих об'єктів апаратура розміщується на кількох щитах, виділених за функціональною ознакою (ці щити можуть бути розташовані в різних щитових). За необхідності виділяти такі щити:

місцеві (для розміщення апаратури на щитах поблизу обладнання); щити нормуючих перетворювачів; щити регуляторів; щити пускачів; щити оперативного контролю (для розміщення показуючої та реєструючої апаратури, органів оперативного керування); пульти операторів (для розміщення найважливішої показуючої та реєструючої апаратури і найважливіших органів оперативного керування).

Примітка 1. Органами оперативного керування є задавачі і станції дистанційного керування (блоки ручного управління).

Примітка 2. За необхідності виносні ПЗО розміщуються на місцевих щитах або в щитовій на спеціальних щитах ПЗО. На схемі умовні зображення ПЗО горизонтально перекреслюються і позначаються як UJ (U – різномірні параметри; J – багатоканальність).

Примітка 3. Під розміщенням приладів за місцем треба розуміти розміщення приладів на технологічному обладнанні, а не біля обладнання. Прилади можуть бути розміщені на місцевому щиті біля обладнання, тоді їх умовні позначення горизонтально перекреслюються. За місцем вважати розміщеними тільки прилади з умовним позначенням xE , xT , інші прилади мають щитове розміщення. Первинні перетворювачі з чутливим елементом, позначені на схемах як xE , показуються в полі об'єкта. Вторинні перетворювачі з дистанційною передачею, позначені на схемах як xT , показуються в полі прямокутника “Прилади за місцем”. Умовні зображення первинних і вторинних перетворювачів горизонтально не перекреслюються.

Примітка 4. Задавачі в схемах автоматизації позначаються як H без другої букви. Типові станції дистанційного управління позначаються як HS або HSA . Станції дистанційного управління в схемах вибіркового і функціонально-групового керування позначаються як HC або HCA . Блоки ручного управління аналогових регуляторів (інтегральні задавачі) з функцією безударного переходу з ручного режиму в автоматичний режим позначаються як HC .

Примітка 5. Підсилювачі потужності (пускачі) для ВМ постійної швидкості в схемах автоматизації позначаються як NS . Підсилювачі потужності (регулятори напруги і варіатори частоти) для ВМ змінної швидкості позначаються як NC . Умовні зображення підсилювачів потужності горизонтально перекреслюються (підсилювачі розміщуються на щитах, можливо, на місцевих).

3.1 ОДНОКОНТУРНА САР РОЗРІДЖЕННЯ В ПРОМИСЛОВІЙ ТОПЦІ

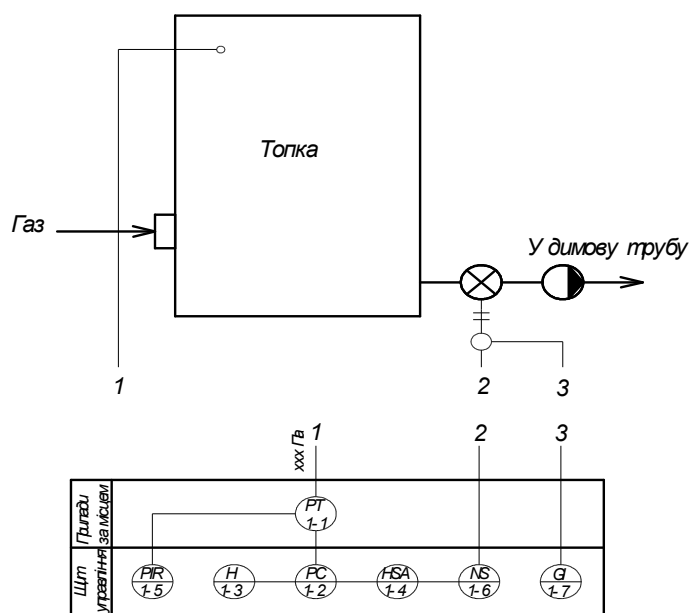


Рис. 3.1.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом

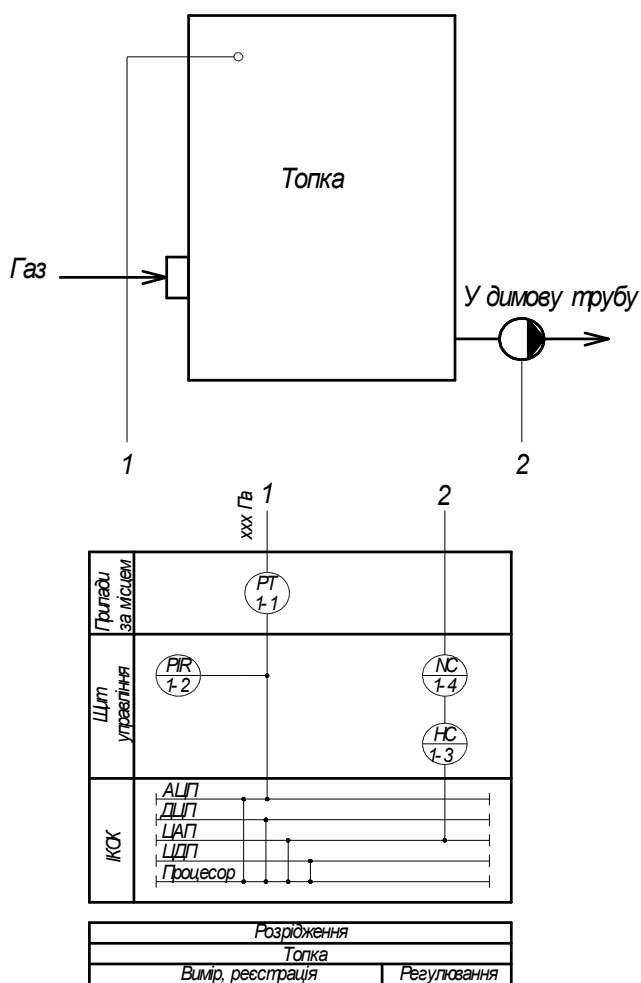


Рис. 3.1.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Частотне регулювання. Схема автоматизації розроблена за першим способом

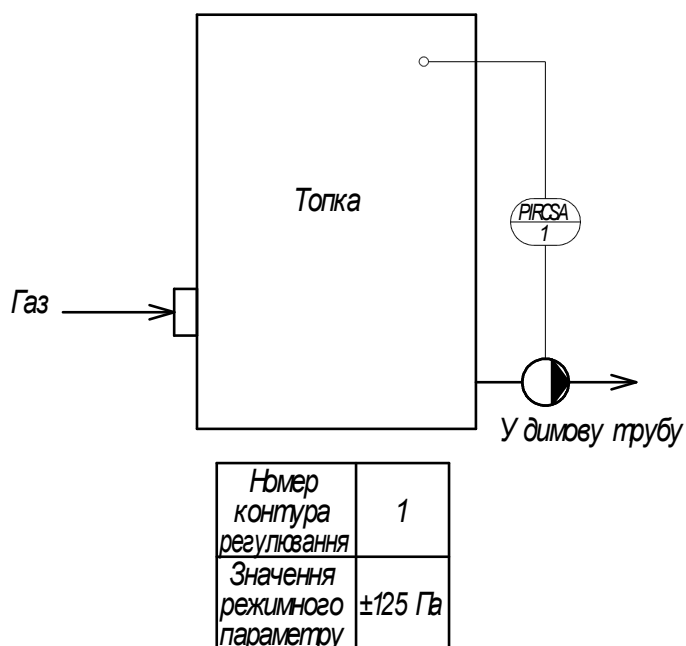


Рис. 3.1.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Частотне регулювання. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.2. КОМБІНОВАНА САР РОЗРІДЖЕННЯ В ПРОМИСЛОВІЙ ТОПЦІ

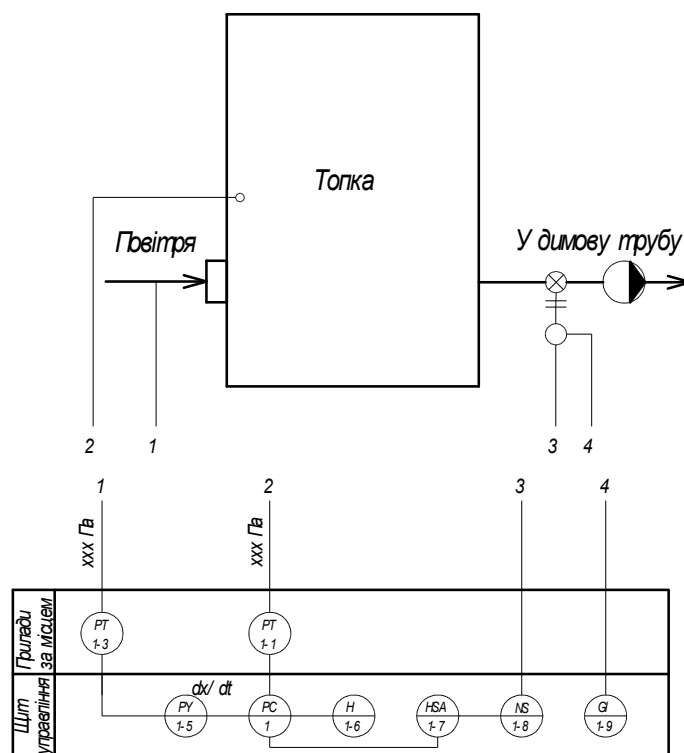


Рис. 3.2.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом

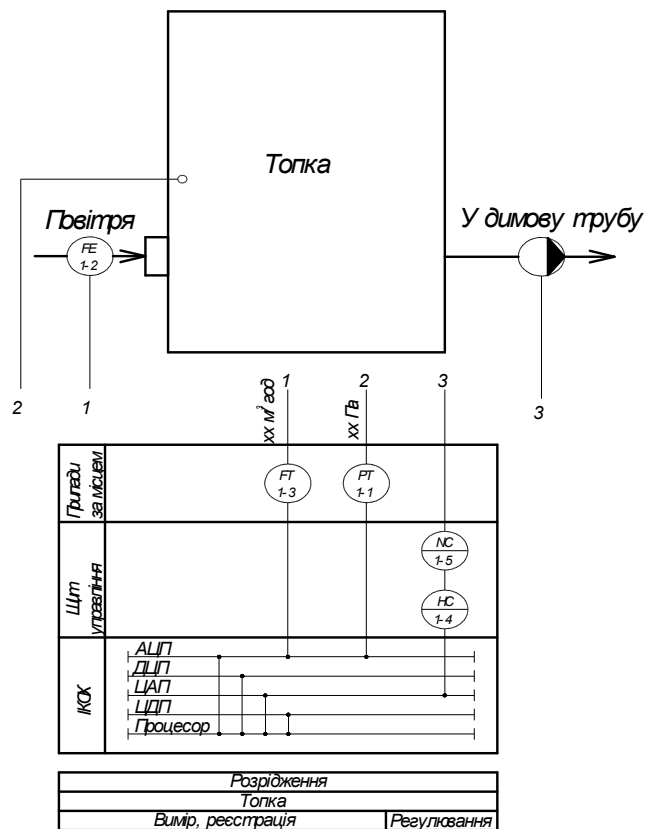


Рис. 3.2.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Частотне регулювання. Схема автоматизації розроблена за першим способом

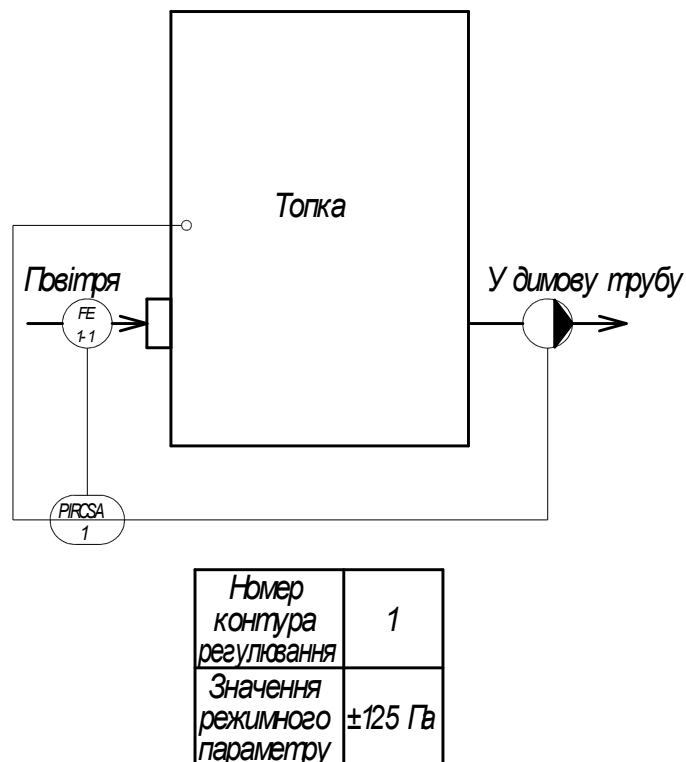


Рис. 3.2.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Частотне регулювання. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.3 ОДНОКОНТУРНА САР ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОМИСЛОВІЙ ТОПЦІ

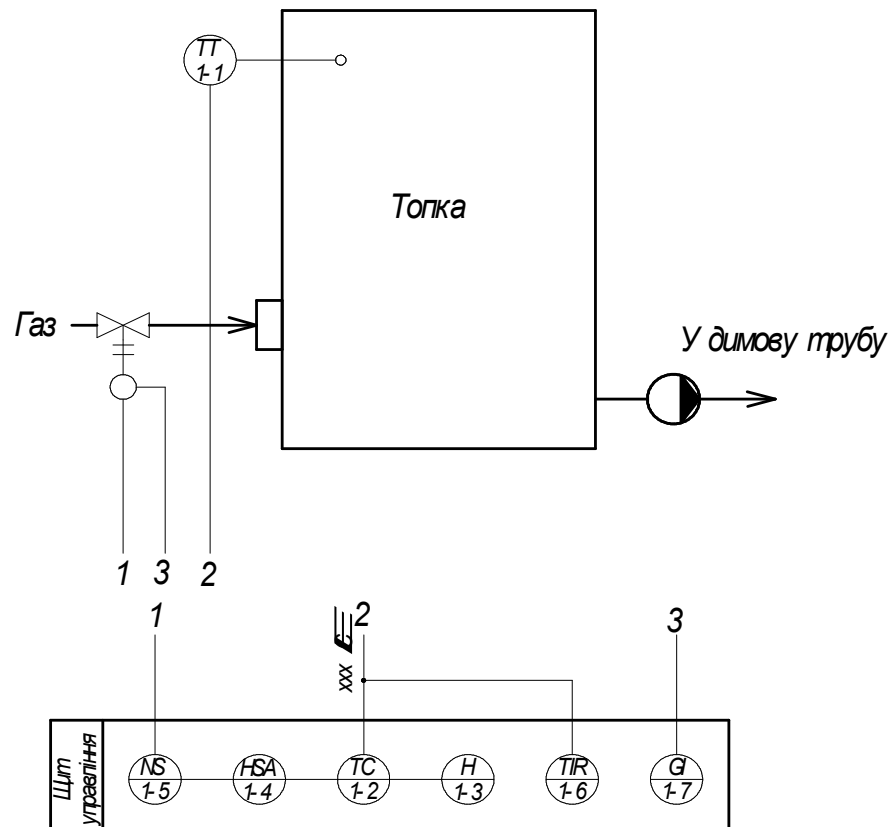


Рис. 3.3.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом.

Примітка. В схемі використовується термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом

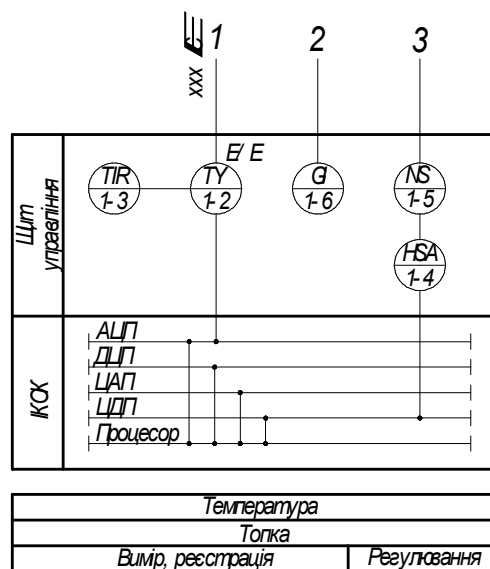
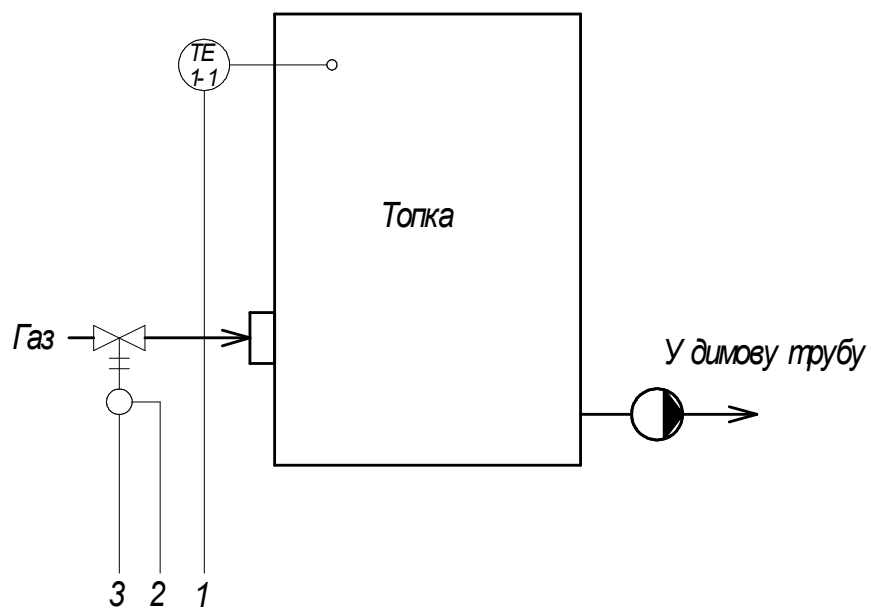


Рис. 3.3.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом

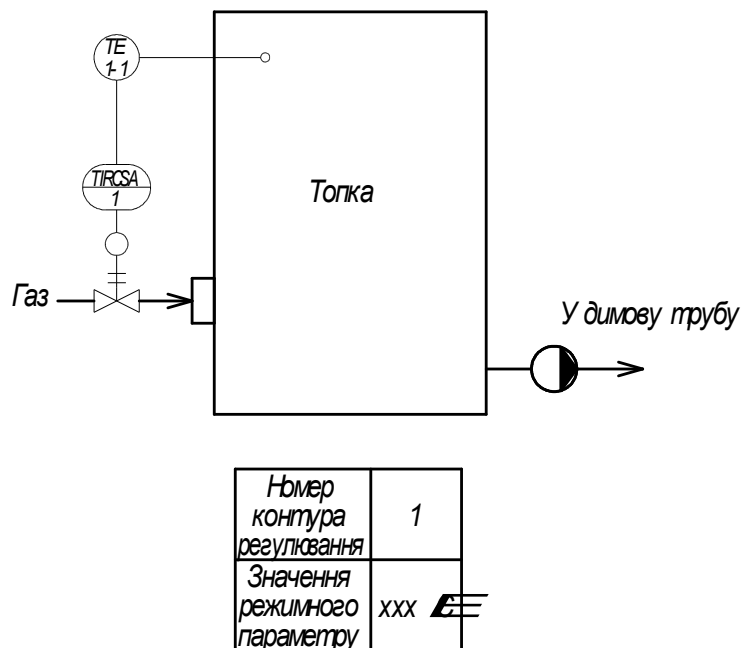


Рис. 3.3.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.4 КАСКАДНА САР ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОМИСЛОВІЙ ТОПЦІ

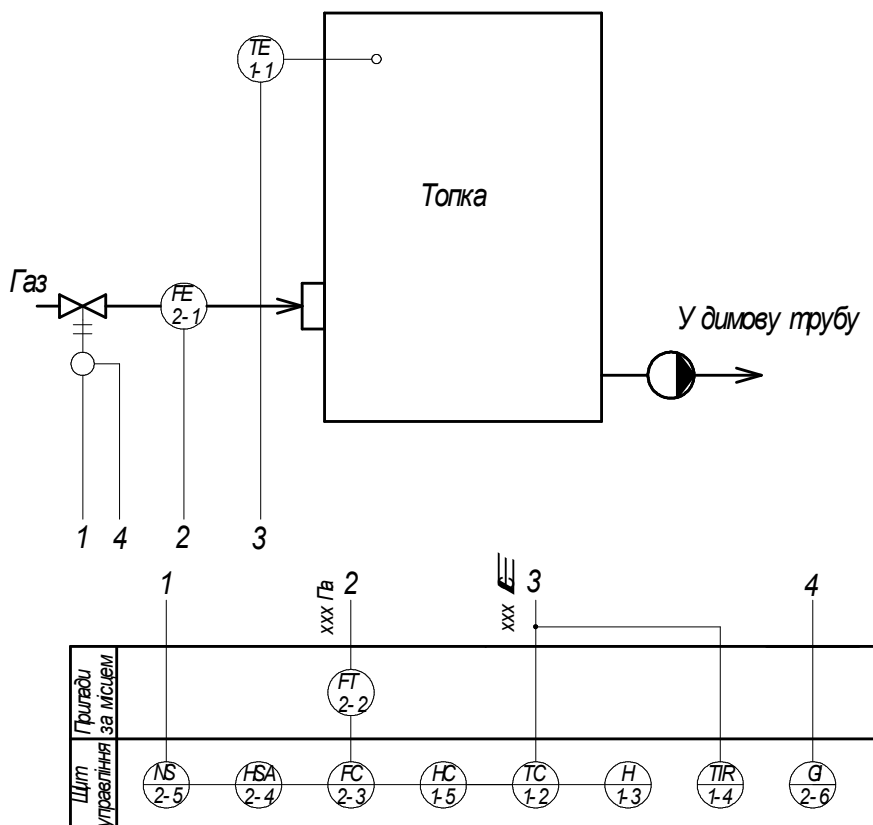


Рис. 3.4.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом

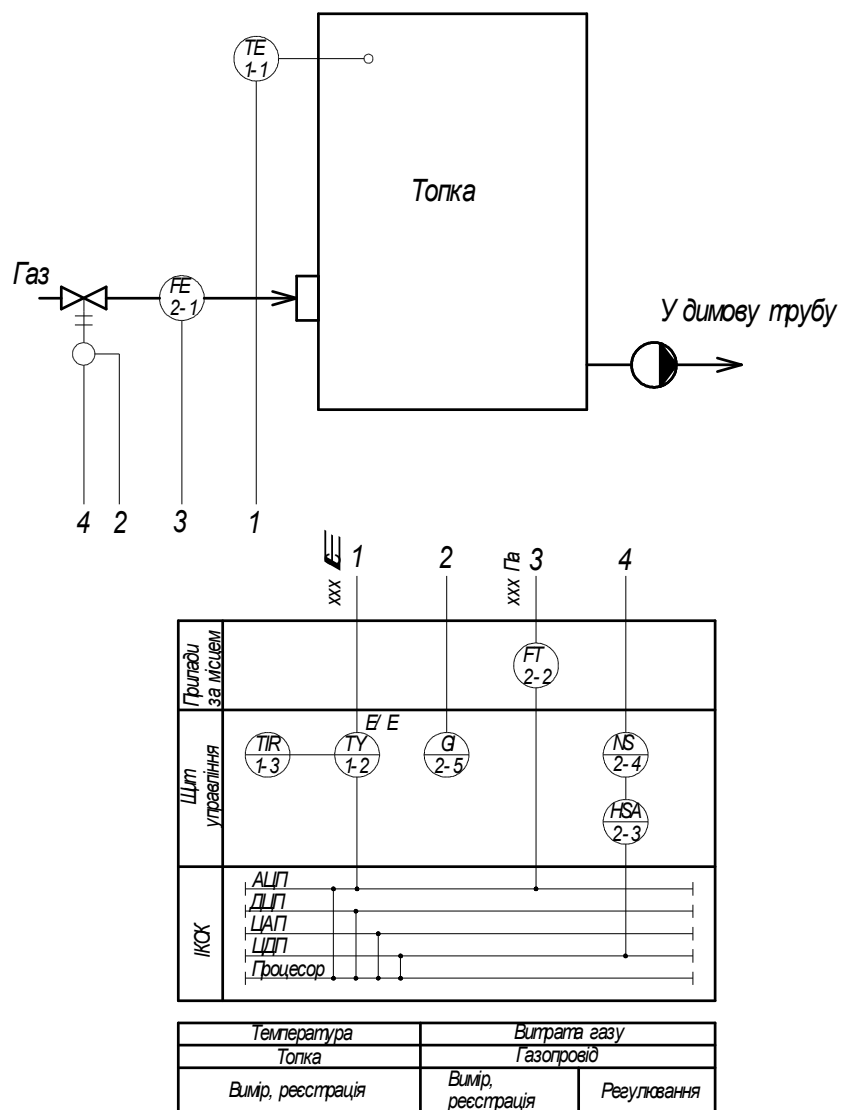


Рис. 3.4.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом

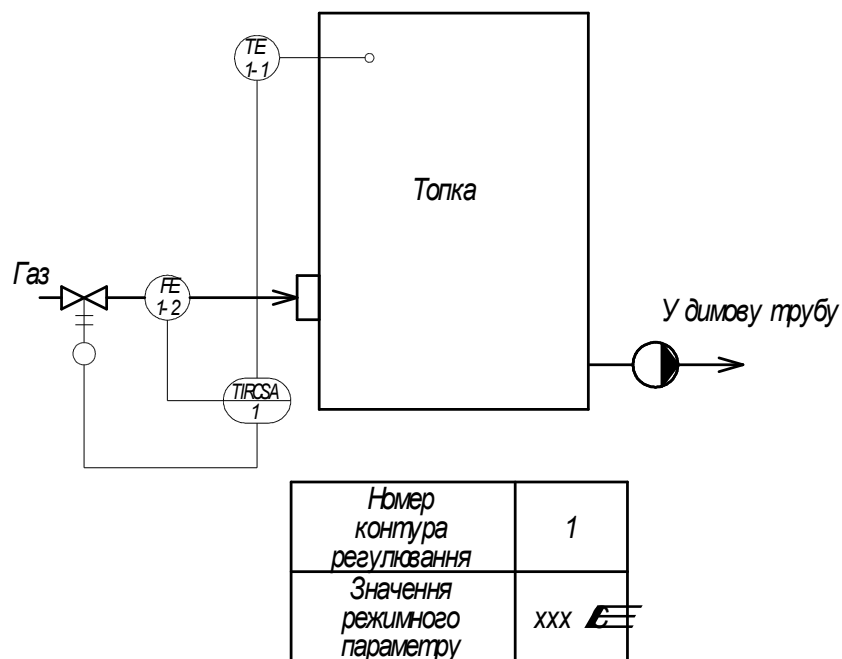


Рис. 3.4.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.5 ОДНОКОНТУРНА САР ВИТРАТИ ГАЗУ

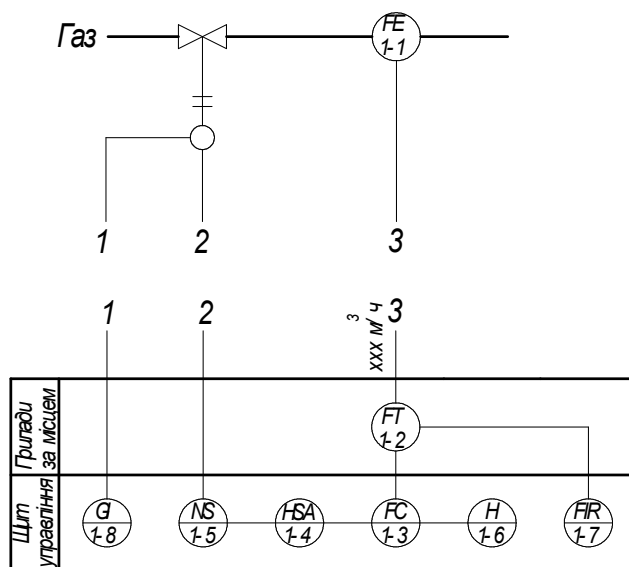


Рис. 3.5.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом

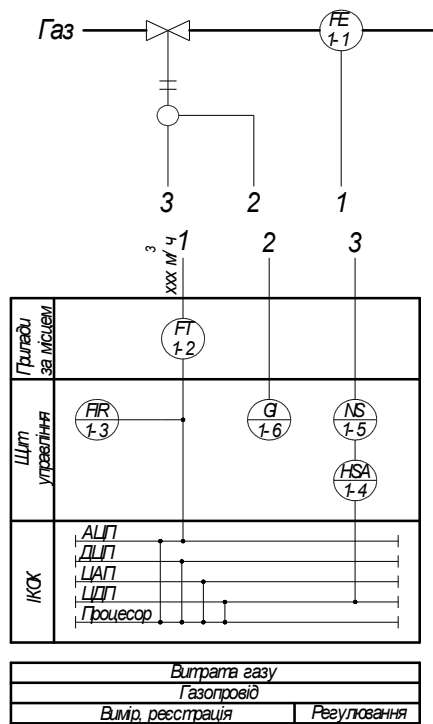


Рис. 3.5.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом

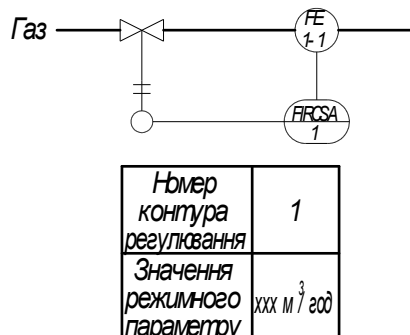


Рис. 3.5.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.6 ОДНОКОНТУРНА САР ТИСКУ ГАЗУ В КОЛЕКТОРІ

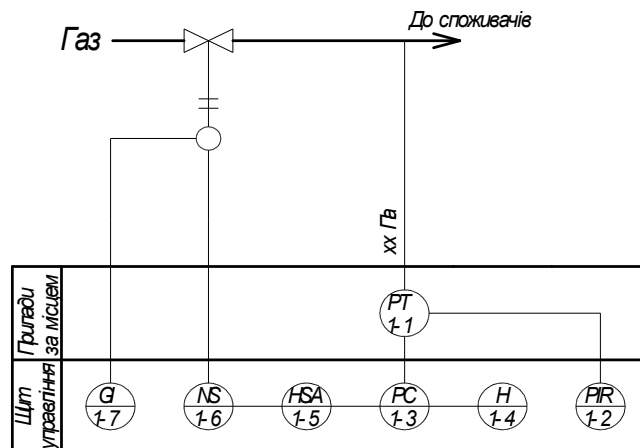


Рис. 3.6.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом

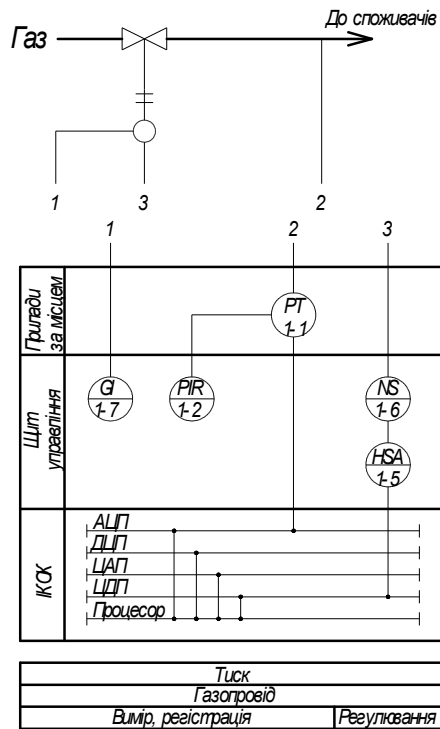


Рис. 3.6.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом

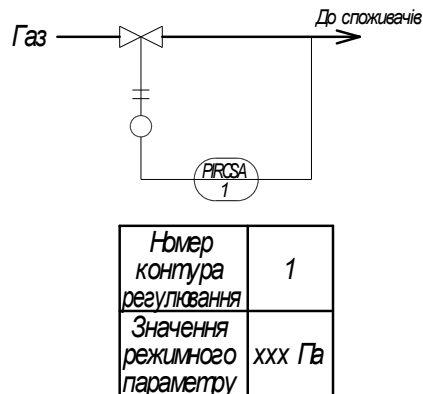


Рис. 3.6.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.7 ОДНОКОНТУРНА САР КОЕФІЦІЄНТУ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ

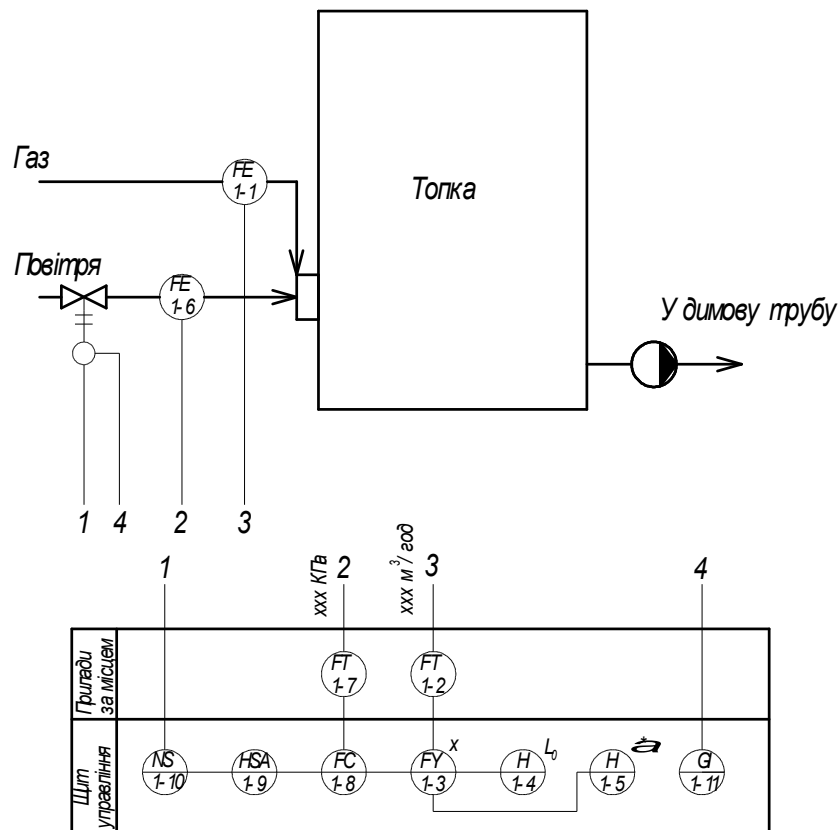
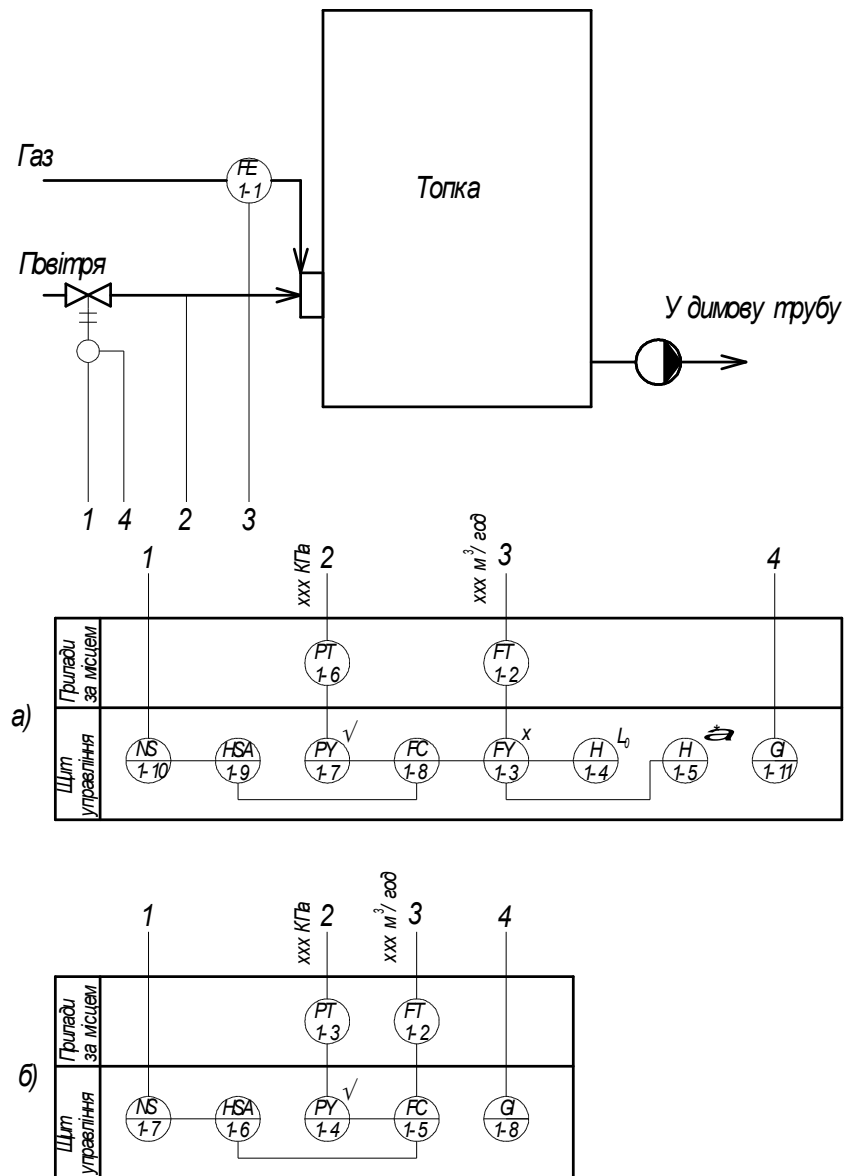


Рис. 3.7.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом. Витрата газу перераховується в задану витрату повітря. РО може розміщуватись як до, так і після точки вимірювання витрати



а)- L_0 і α^* задаються у явному вигляді

б)- L_0 і α^* задаються масштабуючим коефіцієнтом на регуляторі

Рис. 3.7.2. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом. Витрата газу перераховується в задану витрату повітря. Тиск повітря перераховується в поточну витрату повітря. Регулюється витрата повітря. РО повинен розміщуватись до точки вимірювання тиску повітря

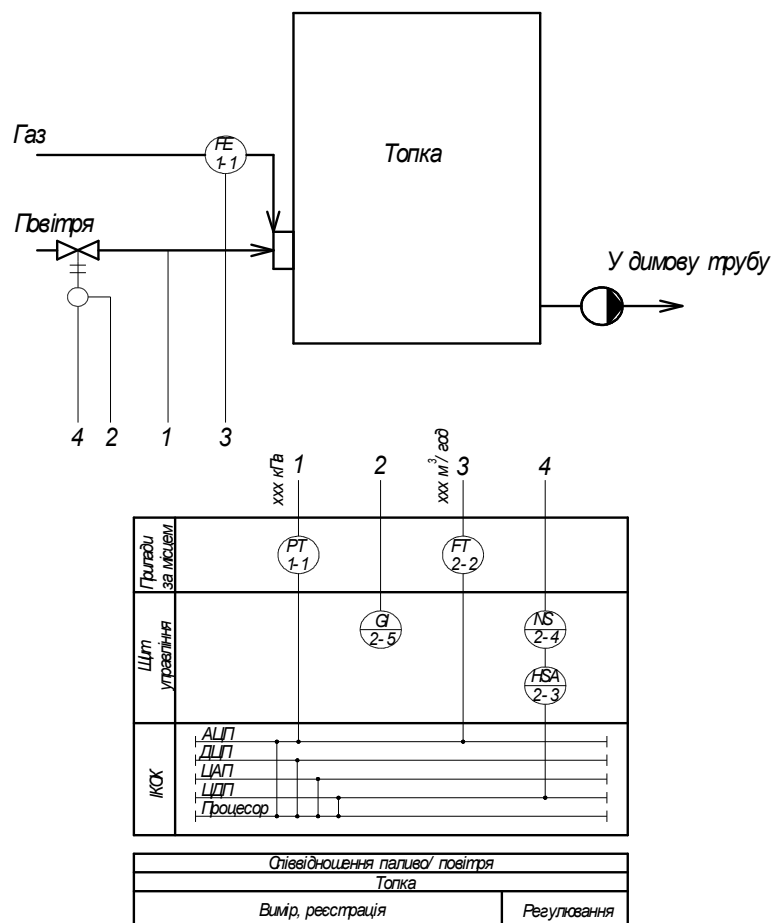


Рис. 3.7.3. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом. Вимірюється тиск повітря, регулюється витрата повітря. РО повинен розміщуватись до точки вимірювання тиску

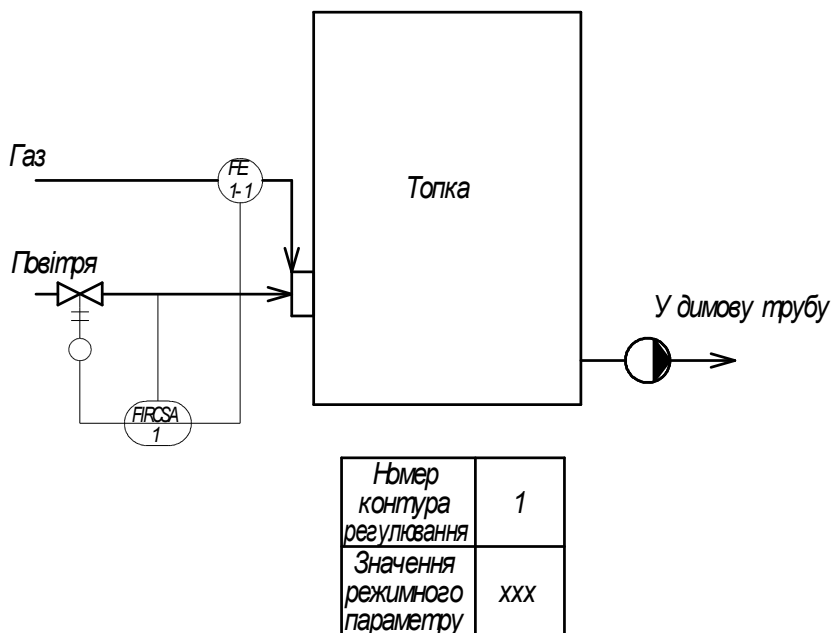


Рис. 3.7.4. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за другим способом. Вимірюється тиск повітря, регулюється витрата повітря. РО повинен розміщуватись до точки вимірювання тиску

3.8 КАСКАДНА САР ВМІСТУ КИСНЮ В ДИМОВИХ ГАЗАХ

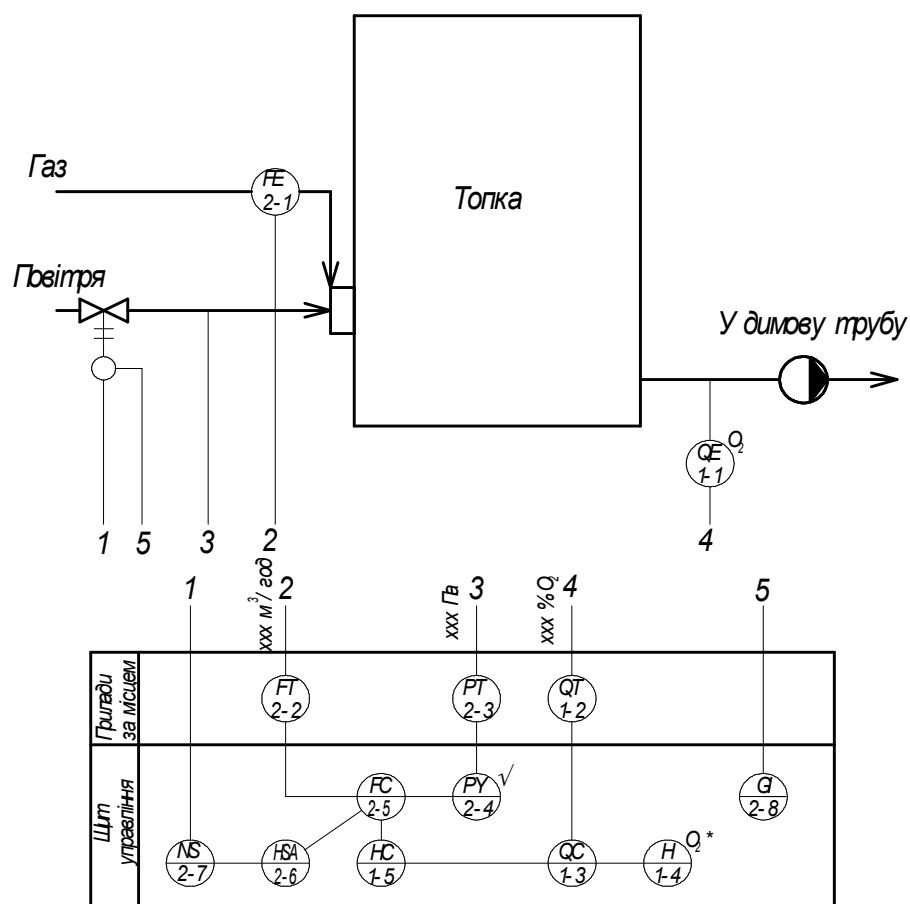


Рис. 3.8.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом. Вимірюється тиск повітря, регулюється витрата повітря. РО повинен розміщуватись до точки вимірювання тиску

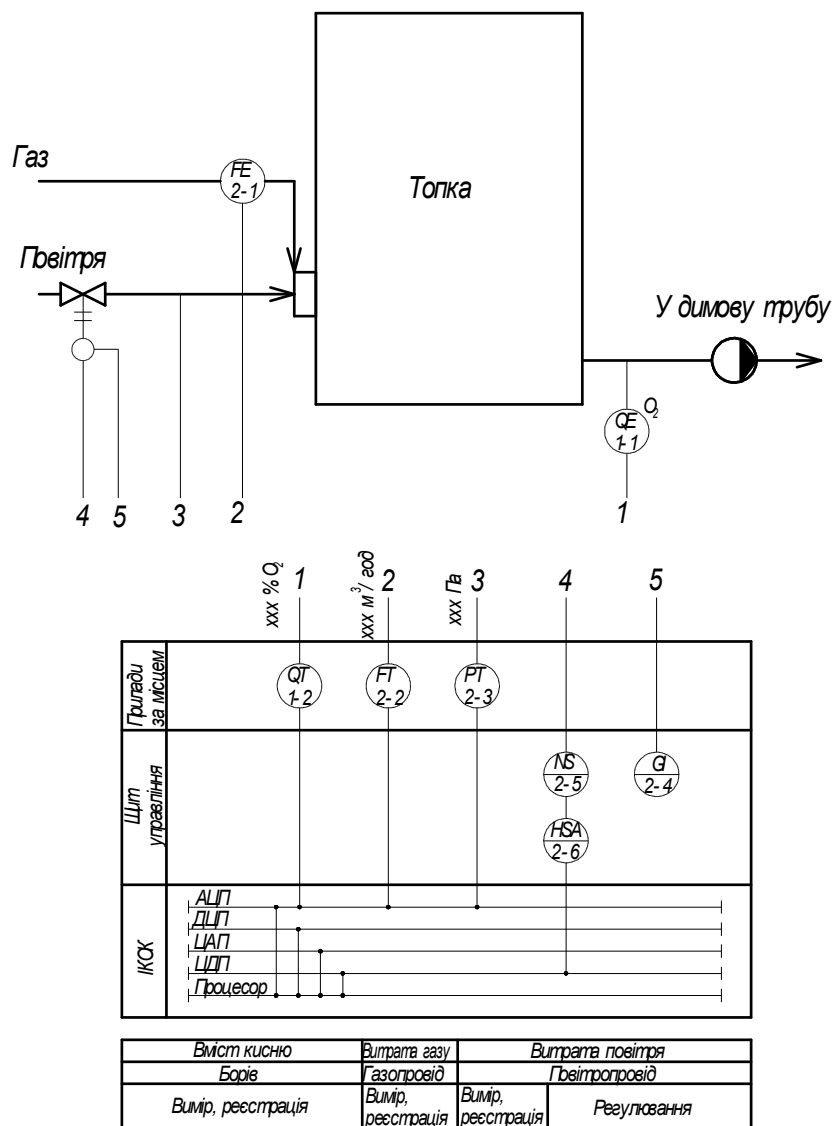


Рис. 3.8.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом. Вимірюється тиск повітря, регулюється витрата повітря. РО повинен розміщуватись до точки вимірювання тиску

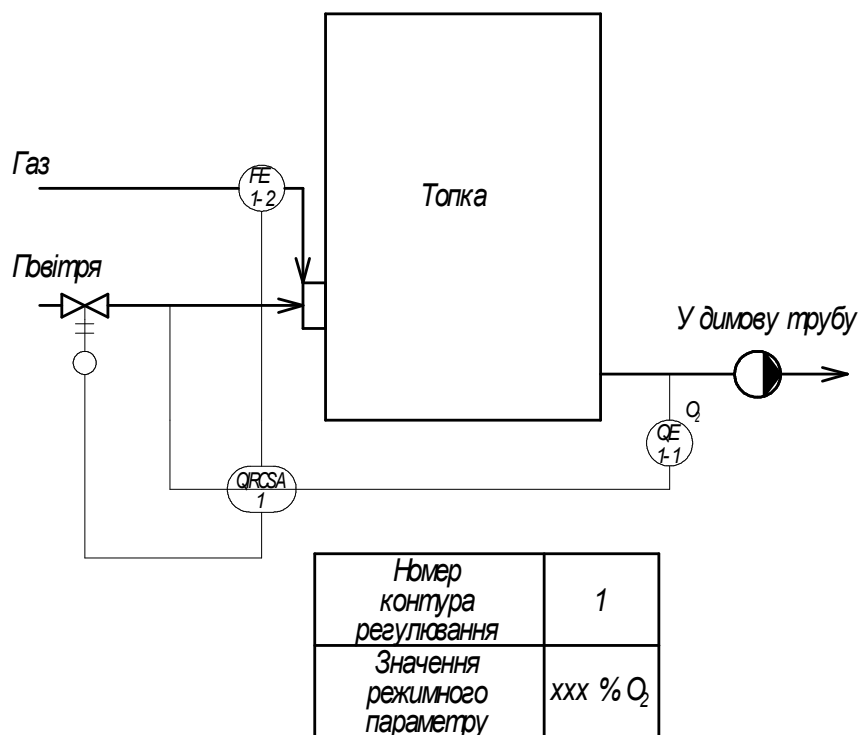


Рис. 3.8.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за другим способом. Вимірюється тиск повітря, регулюється витрата повітря. РО повинен розміщуватись до точки вимірювання тиску

3.9 ОДНОКОНТУРНА САР РІВНЯ В АКУМУЛЯТОРНОМУ БАЦІ

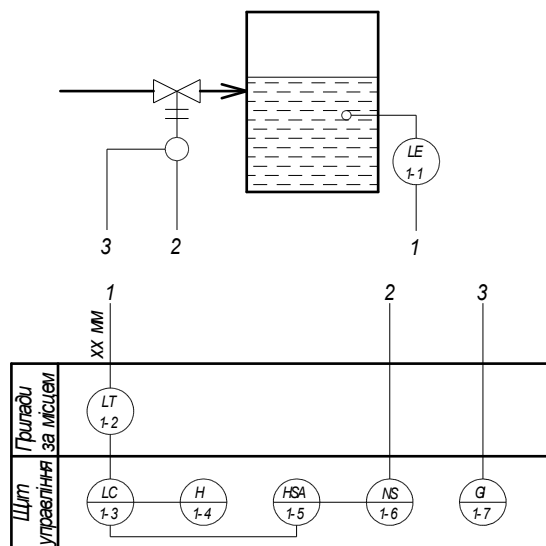


Рис. 3.9.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом

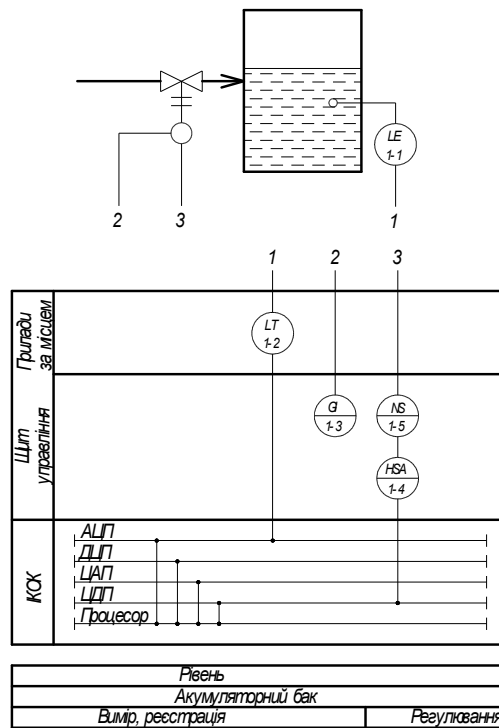


Рис. 3.9.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом

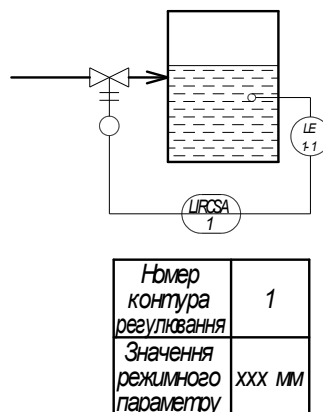


Рис. 3.9.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.10 ТРИІМПУЛЬСНА САР РІВНЯ В БАРАБАНІ ПАРОВОГО КОТЛА

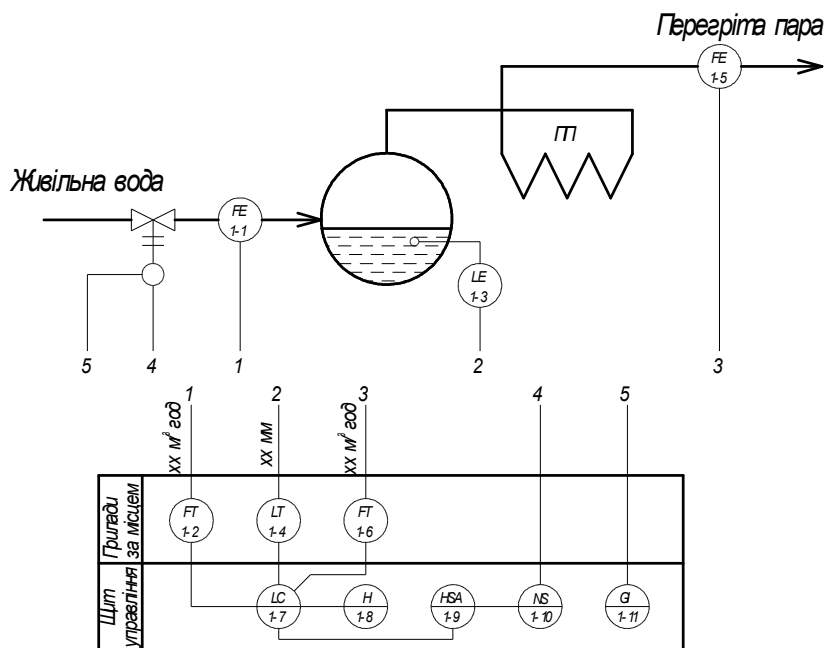


Рис. 3.10.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом

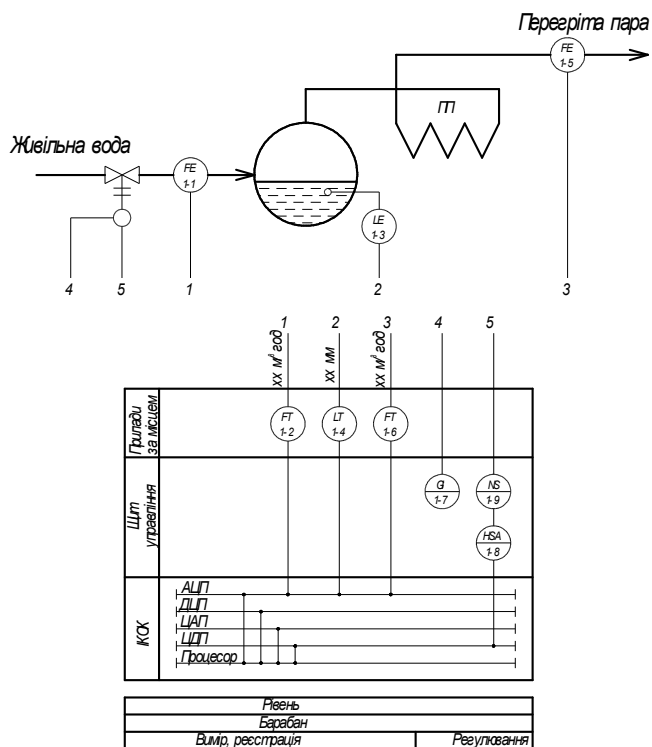


Рис. 3.10.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом

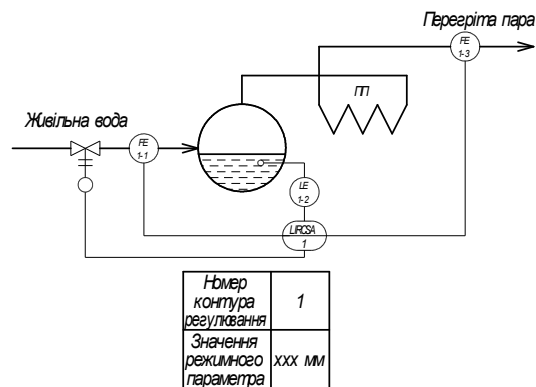


Рис. 3.10.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.11 ДВОІМПУЛЬСНА САР ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРЕГРІВУ ПЕРВИННОЇ ПАРИ

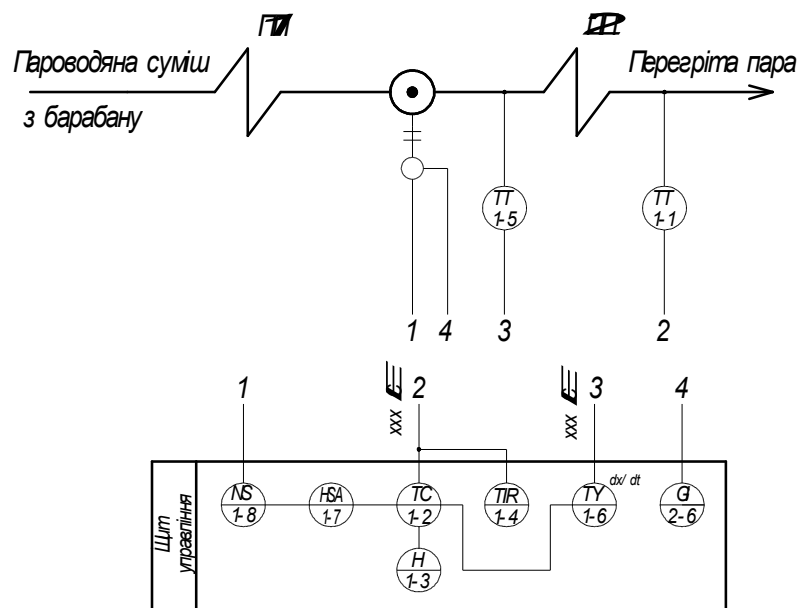


Рис. 3.11.1. Перший варіант виконання. Елементна база – локальні регулятори. Схема автоматизації розроблена за першим способом.

Примітка. В схемі використовуються термодетектори з уніфікованими вихідними сигналами

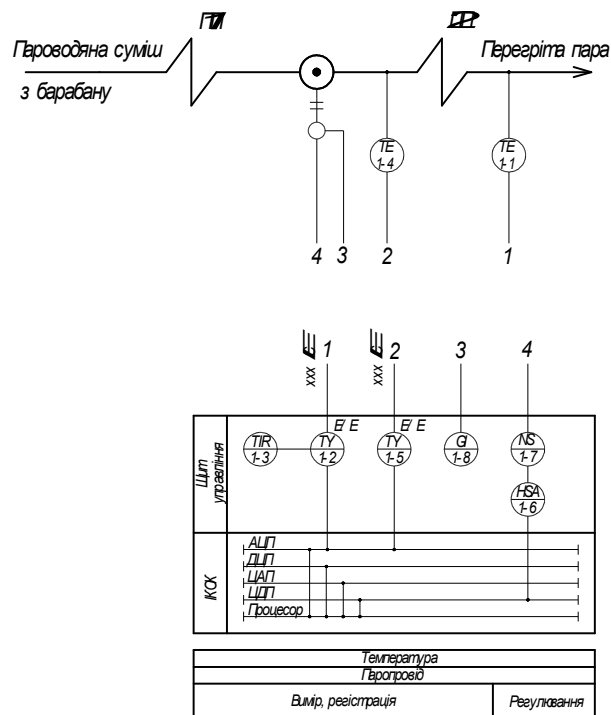


Рис. 3.11.2. Другий варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Схема автоматизації розроблена за першим способом

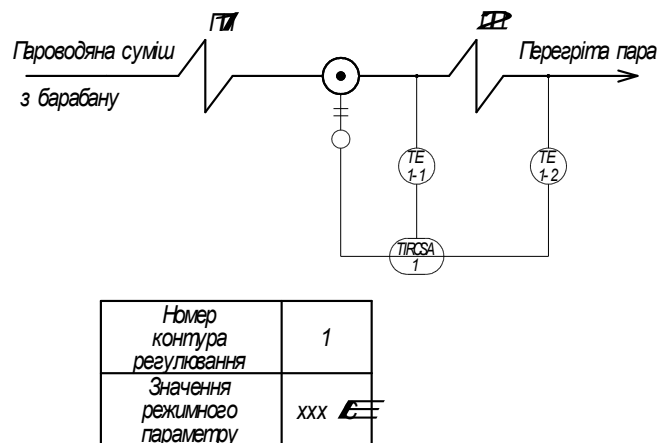
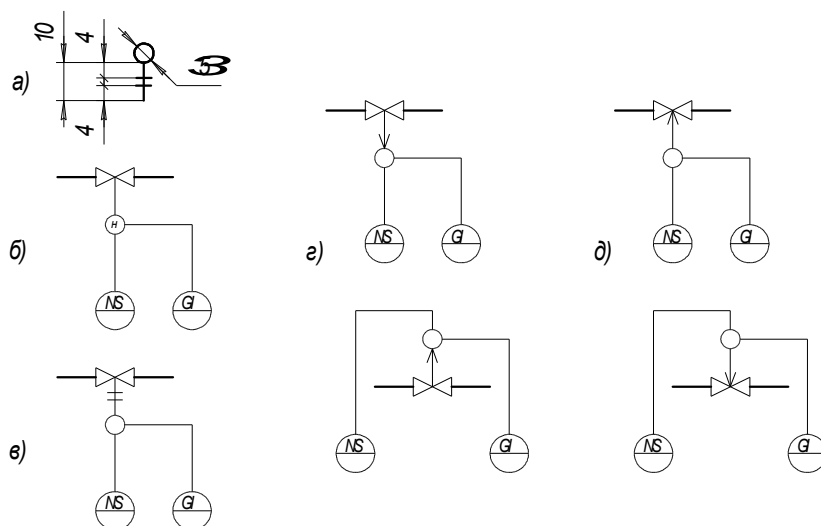


Рис. 3.11.3. Третій варіант виконання. Елементна база – програмовані контролери. Частотне регулювання. Схема автоматизації розроблена за другим способом

3.12 СПЕЦІАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ



- а)- Загальне позначення ВМ
- б)- ВМ із додатковим ручним приводом
- в)- ВМ (регулюючий клапан) за припинення подачі енергії або керуючого сигналу залишає регулюючий орган у незмінному положенні
- г)- ВМ (електромагнітний клапан) за припинення подачі енергії або керуючого сигналу відкриває регулюючий орган
- д)- ВМ (електромагнітний клапан) за припинення подачі енергії або керуючого сигналу закриває регулюючий орган

Рис. 3.12.1. Зображення виконавчих механізмів

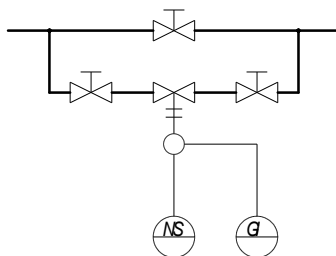


Рис. 3.12.2. Схема розміщення регулюючого органу на байпасі

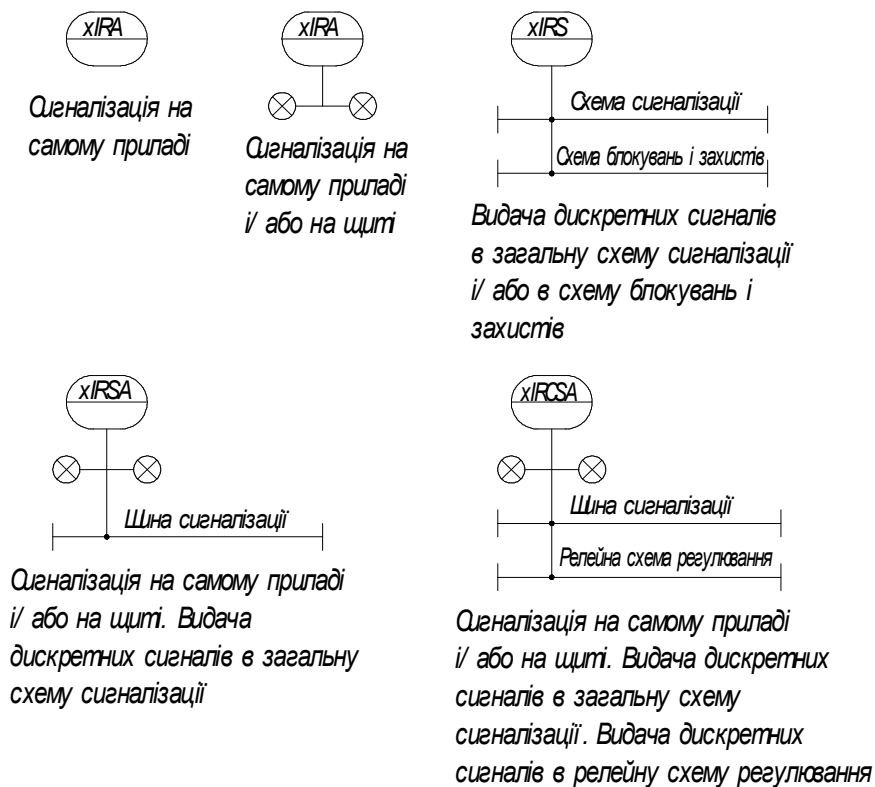


Рис. 3.12.3. Зображення схем сигналізації

Примітка. Виносні лампи сигналізації для умовних позначень *x/IRA*, *x/IRSA*, *x/IRCSA* показувати на тому щиті, де вони розміщуються