

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «АВТОМАТИЗАЦІЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»

СТАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИРОБНИЦТВАХ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ І СІЛКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
по виконанню розрахунково-графічної роботи курсу
“Контроль та керування хіміко-технологічними процесами”



Київ
НТУУ «КПІ»
2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ І СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «АВТОМАТИЗАЦІЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»

**СТАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ І АВТОМАТИЗАЦІЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИРОБНИЦТВАХ
ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ І СІЛКАТНИХ
МАТЕРІАЛІВ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
по виконанню розрахунково-графічної роботи курсу
“Контроль та керування хіміко-технологічними процесами”
до напрямку підготовки “Хімічна технологія та інженерія ”

Київ
НТУУ «КПІ»
2012

Статичні характеристики і автоматизація технологічних процесів у виробництвах тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів.

Методичні вказівки по виконанню розрахунково-графічної роботи курсу “Контроль та керування хіміко-технологічними процесами ” до напрямку підготовки “Хімічна технологія ” [Текст] / Уклад. В. М. Ковалевський, // – К.: НТУУ «КПІ», 2012.–114 с.

Гриф надано Методичною і Вченою радою ІХФ «КПІ»

(Протокол № 6 від 31 травня 2012 р.)

Навчальне видання

Статичні характеристики і автоматизація технологічних процесів у виробництвах тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів

Методичні вказівки розроблені для забезпечення виконання розрахунково-графічної роботи до напрямку підготовки “Хімічна технологія ”

Укладач: *Ковалевський Валерій Михайлович*, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний
за випуск:

А. І. Жученко, док. техн. наук, проф.

Рецензент: *С. Г. Бондаренко*, канд. техн. наук, доц.

Авторська редакція

ЗМІСТ

	ст.
1. Загальні зведення до розрахунково-графічної роботи курсу “Контроль та керування хіміко-технологічними процесами ”	5
2. Властивості технологічного процесу у апараті, як об'єкта автоматизації	9
2.1 Тепловий і матеріальний баланси об'єкта керування	13
2.2 Статичні характеристики технологічного процесу	21
2.3 Приклад і методика розрахунків статичних характеристик хімічного реактора з екзотермічним процесом	25
3. Правила розробки і побудови схеми автоматизації технологічного процесу з хімічного виробництва	34
3.1. Загальні вимоги стандартів до побудови креслення схеми автоматизації технологічного процесу	34
3.2. Правила позначення первинних вимірювальних перетворювачів, приладів, регуляторів, виконавчих механізмів та регулювальних клапанів на схемах автоматизації технологічного процесу	40
4. Типові схеми до контурів контролю та регулювання параметрів технологічного процесу	45
4.1 Типова схема контурів контролю параметрів процесу по місцю встановлення технічних засобів	47
4.2 Типова схема контурів контролю параметрів процесу при встановлення технічних засобів на пульті керування	48
4.3 Типова схема контурів контролю параметрів процесу з технологічною сигналізацією на пульті керування	50
4.4 Типова схема контурів регулювання параметрів технологічного процесу	52
4.5 Типова схема контурів регулювання параметрів технологічного процесу з використанням перетворювачів до сигналів між приладами	53
4.6 Типова схема контурів регулювання співвідношення	

технологічних параметрів процесу в апараті	55
4.7 Типова схема контурів регулювання з використанням блоків для ручного управління	57
4.8 Типова схема контурів регулювання з контролем положення виконавчого механізму регулювального клапану	58
4.9 Типова схема контурів контролю і регулювання параметрів процесу з підключенням технічних засобів по інтерфейсу RS-485 у сітку керуючого комп'ютера	60
4.10 Типова схема контурів для дистанційного керування електромоторами технологічного обладнання	61
4.11 Схема автоматизації технологічного процесу хімічного реактора	64
4.12 Схема автоматизації з мікропроцесорним контролером параметрів технологічного процесу хімічного реактора	71
5. Технічні засоби для використання у схемах автоматизації технологічного процесу	74
5.1 Первинні вимірювальні перетворювачі значень технологічних параметрів у сигнали для контурів контролю і регулювання ...	81
5.2 Регулювальні клапани для регулювання параметрів технологічного процесу	89
5.3 Перетворювачі сигналів для пневматичних регулювальних клапанів	99
5.4 Технічні засоби для дистанційного керування електромоторами	100
Список використаної та рекомендованої літератури	103
Додаток Д1. Приклад специфікації на технічні засоби до схеми автоматизації технологічного процесу хімічного реактора	105

1. ЗАГАЛЬНІ ЗВЕДЕННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ КУРСУ “КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ

ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ”

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у апаратах на хімічних виробництвах, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищена вибухова та пожежна небезпечність і шкідливі умови роботи технологічного персоналу є підставами, які спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів. Сучасні системи автоматизації виробництва з автоматичним контролем та керуванням параметрами технологічного процесу забезпечують потрібну якість продукції на виході з апаратів, раціональне використання сировини та енергії, зменшення чисельності технічного персоналу, подовження термінів міжремонтного пробігу технологічного устаткування.

Основними цілями і задачами навчального курсу “Контроль та керування хіміко-технологічними процесами ” для майбутніх технологів з хімічних виробництв є одержання знань і практичних навичок по методам, правилам, стандартам та технічними засобами автоматизації і керування технологічними процесами. У процесі вивчення матеріалу курсу студенти отримують знання і навички з таких питань:

- аналіз технологічного процесу у апараті, як об’єкта автоматизації та автоматичного контролю і регулювання;
- уміння кваліфіковано формулювати завдання до задачі по автоматизації технологічного процесу;
- засвоєння принципів роботи і функціональних можливостей основних типів первинних вимірювачів (датчиків) технологічних параметрів;
- робота схем та пристроїв для технологічної сигналізації та автоматичного захисту і блокування;
- робота системи для дистанційного керування технологічним електроустаткуванням та електродвигунами у виробництві;

- робота і умови експлуатації виконавчих механізмів та регульованих клапанів при безпосередньому впливу на технологічний процес;
- техніка розробки і читання схеми автоматизації технологічного процесу;
- ознайомлення з діючими стандартами до контролю та регулювання параметрів хіміко-технологічного процесу;
- ознайомлення з методами підбору технічних засобів автоматизації для створення систем автоматичного контролю і регулювання.

У робочій програмі курсу “Контроль та керування хіміко-технологічними процесами ” та в положенні рейтингової системи оцінювання знань студентів передбачено у навчальному семестрі виконання розрахунково-графічної роботи (РГР), яка складається з пояснювальної записки і комп’ютерного креслення (формат А1 або А2) схеми автоматизації технологічного процесу до завданого виробництва. Основними задачами розрахунково-графічної роботи є:

- ознайомлення з методикою аналізу технологічного процесу для визначення і розрахунку статичних характеристик по каналах збурення і регулювання для правильного проектування схеми автоматизації до відповідного об’єкта керування;
- практичне проектування і розробка комп’ютерного креслення відповідно до вимог стандартів з побудови схеми автоматизації технологічного процесу;
- практичне виконання підбору технічних засобів автоматизації для спроектованих контурів автоматичного контролю і регулювання технологічних параметрів у схемі автоматизації виробництва.

Основна увага і завдання у розрахунково-графічній роботі направлені на ознайомлення студентів з методами визначення статичних властивостей технологічного процесу та їх використання для якісної розробки системи автоматизації технологічного процесу. Схема автоматизації технологічного

процесу є основним документом у будь якого проекті до системи керування хімічним виробництвом. На основі схеми автоматизації технологічного процесу розробляються усі інші схеми і їх креслення до контурів контролю та регулювання технологічних параметрів процесів у апаратах, лініях, технологічних установках і цехах.

В методичних вказівках по РГР наведена методика і приклад до розрахунків статичних характеристик об'єкта керування – хімічного реактора, як типового технологічного апарата у хімічних виробництвах.

Навчальні матеріали до розробки схем автоматизації технологічного процесу завданого хімічного виробництва подаються у вигляді типових схем до контурів контролю і регулювання параметрів технологічного апарату – хімічний реактор. У даних методичних вказівках розглянуті технічні засоби: прилади, регулятори, блоки ручного управління, перетворювачі сигналів, регулювальні клапани та засоби для дистанційного керування електромоторами технологічного процесу, яки можна використовувати до розробленої схеми автоматизації. У методичних вказівках наводяться навчальні матеріали та приклади для правильного проектування і виконання схеми автоматизації технологічного процесу.

Розрахунково-графічна робота повинна мати матеріали, яки виконані до відповідних стандартів з оформлення пояснювальної записки та схеми автоматизації і відповідати наступним вимогам:

Записка:

- пояснювальну записку потрібно виконати у програмі WORD, шрифтом № 14, з інтервалом 1,5;
- аркуші сторінок пояснювальної записки повинні мати штамп з номером сторінки;
- папка для розміщення записки та схеми автоматизації технологічного процесу.

Схема автоматизації:

- схема автоматизації технологічного процесу хімічного виробництва виконується на комп'ютері у графічному редакторі для аркушу формату А1 або А2.

Зміст пояснювальної записки РГР

1. Технологічний процес виробництва (назва), як об'єкт автоматизації стор.
 - 1.1 Опис технологічної схеми виробництва (назва) стор.
 - 1.2 Специфікація на технологічні апарати виробництва стор.
2. Аналіз процесу технологічного апарату (назва), як об'єкта керування стор.
 - 2.1 Схема і опис технологічного процесу у апараті(назва) стор.
 - 2.2 Параметрична схема апарату та тепловий і матеріальний баланси

технологічного процесу	стор.
2.3 Статичні характеристики об'єкта керування	стор.
2.3.1 Розрахункова схема до побудови статичних характеристик	стор.
2.3.2 Розрахунки до статичних характеристик (залежності, таблиці даних, графіки статичних характеристик)	стор.
3. Автоматизація технологічного процесу виробництва (назва)	стор.
3.1 Задачі по автоматизації технологічного процесу виробництва	стор.
3.2 Опис схеми автоматизації технологічного процесу	стор.
Література	стор.
Додаток	стор.
Д.1 Специфікація на технічні засоби автоматизації (вимірювачі, прилади, регулятори, регулювальні клапани) до схеми автоматизації технологічного процесу	стор

У додатку методичних вказівок наводиться приклад з оформлення специфікації на технічні засоби до схеми автоматизації технологічного процесу хімічного реактора. Специфікація на технічні засоби автоматизації наведена окремо для кожного контуру контролю, регулювання та дистанційного керування електромоторами і складається з наступного:

- контроль температури потоку сировини А та температури сировини Б;
- регулювання рівня робочої маси у хімічному реакторі;
- регулювання на вході у хімічний реактор витрати сировини А і потоку сировини Б у завданому співвідношенні до витрати сировини А;
- контроль рН потоку суміші на виході реактора;
- контроль температури потоку сировини Б;
- регулювання температури суміші на виході хімічного реактора;
- дистанційне управління електромотором М1 відцентрового насосу;
- дистанційне управління електромотором М2 змішувача;
- дистанційне управління електромотором М3 ротаційного насосу.

2. ВЛАСТИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ У АПАРАТІ, ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Усі системи по автоматизації технологічних процесів у різних хімічних виробництвах мають відповідну структуру з таких частин.

Об'єкт керування в якості якого може бути: окремий технологічний апарат у якому реалізується відповідний технологічний процес; група технологічних апаратів у вигляді технологічної лінії або установки; технологічні процеси відповідного цеху, як стадії у виробництві продукції.

Набір технічних засобів автоматизації, який складається з:

- вимірювачів технологічних параметрів, які формують сигнали до системи автоматичного контролю технологічного процесу;
- приладів і пристроїв для передачі сигналів до пульта керування відповідним процесом у апараті, лінії, установки або цеху;
- приладів, які показують текучі значення контрольованих технологічних параметрів до процесів і вмикають технологічну сигналізацію або систему аварійного захисту та блокувань;
- автоматичних регуляторів та мікропроцесорних контролерів, які забезпечують (регулюють) задані значення параметрів процесу у апаратах відповідно до вимог технологічних регламентів;
- блоків ручного і дистанційного управління для використання при пуску у роботу технологічного апарату або для зупинки процесу (робочої або аварійної) відповідно до інструкцій технологічного регламенту;
- технічних засобів для дистанційного управління електричним обладнанням та електромоторами технологічного процесу;
- регулювальних клапанів та виконавчих механізмів, які безпосереднє впливають: на зміну технологічних потоків сировини у апаратах; на процеси нагрівання або охолодження; на змішування хімічних реagentів у відповідних співвідношеннях; на продуктивність окремого апарату, технологічної лінії, установки або цеху.

Комп'ютерна система контролю і управління технологічними процесами і виробництвом забезпечує:

- безперервне спостереження за станом і роботою технічних засобів автоматизації;
- аналіз виробничих ситуацій і контроль та допомога до дій персоналу у аварійних ситуаціях;
- планування і оптимізація управління виробництвом;
- економічних аналіз з ведення виробництва та облік виготовленої і реалізованої продукції.

Система автоматизації має три складових частини і набір технічних засобів автоматизації та комп'ютерна система і їх функції залежать від властивостей об'єкта керування, тобто від конструкції апарату і особливостей технологічного процесу. Роботу будь якого технологічного апарату характеризують:

- **продуктивність технологічного процесу** з продукту на виході апарату, який може працювати у режимі **min** продуктивності, робочої та **max** продуктивності (навантаження);
- **набір технологічних параметрів** значення, яких у часі відображають стан і хід технологічного процесу у апараті.

На технологічний процес у апараті (об'єкт керування) постійно діють збурюючі впливи, які підрозділяються на такі види:

- **зовнішні збурення** – це зміна дня і ночі, зміна у часі параметрів повітря зовнішнього середовища (температура, вологість, тиск та швидкість), які впливають на загублення тепла з поверхні корпусу технологічного апарату; зміна параметрів у потоків сировини на вході у апарат (температура, концентрація, вологість, густина і інші);
- **внутрішні збурення** – це зміна у часі активності каталізатору до хімічної реакції, старіння каталізатору або забруднення, виникнення плівки накипу на поверхнях нагрівання та таке інше.

У наборі параметрів об'єкта керування також є один або декілька параметрів, які регулюються відповідно до вимог технологічного регламенту на процес у апараті. Значення цих регулювальних параметрів залежать від стану параметрів збурення, які впливають на тепловий і матеріальний процесу у технологічному апараті. Чисельні показники залежності регулювальних параметрів від параметрів збурення та управління відображають графіки статичних характеристик до відповідних каналів збурюючої впливів і каналу з регулювання. Графіки статичних характеристик вказують технологічному персоналу, який параметр збурення має більший коефіцієнт передачі впливу (збурення) на регулювальний параметр процесу. Статичні характеристики об'єкта керування також використовуються при виконанні робіт з налаштування приладів і регуляторів у контурах автоматичного контролю та регулювання.

Далі у методичних вказівках до РГР будемо розглядати методику визначення статичних характеристик для процесу у типовому апараті – хімічний реактор, який широко використовується у багатьох хімічних виробництвах. У хімічному реакторі, як відомо, змішуються декілька потоків сировини або хімічних реагентів. При змішуванні потоків у хімічному реакторі встановлюється екзотермічний або ендотермічний технологічний процес. Для екзотермічного процесу технологічний регламент з процесу передбачає охолодження маси суміші у реакторі, а для ендотермічного процесу навпаки – нагрівання суміші. Технологічна схема до хімічного реактора з екзотермічним технологічним процесом може бути такою, як це показано на рис. 2-1, а для хімічного реактора з ендотермічним процесом, як це показано на рис. 2-2. По конструкціях реакторів рис. 2-1 та рис. 2-2 легко бачити, що теплообмінники використовуються для підтримки постійного значення температури суміші на виході з реактора відповідно до вимог технологічного регламенту на технологічний процес. Температура суміші на виході реактора з конструкцією рис. 2-1 підтримується за рахунок регулювання на вході витрати холодної води, а у реактора з конструкцією рис. 2-2 відповідно регулюванням витрати пари.

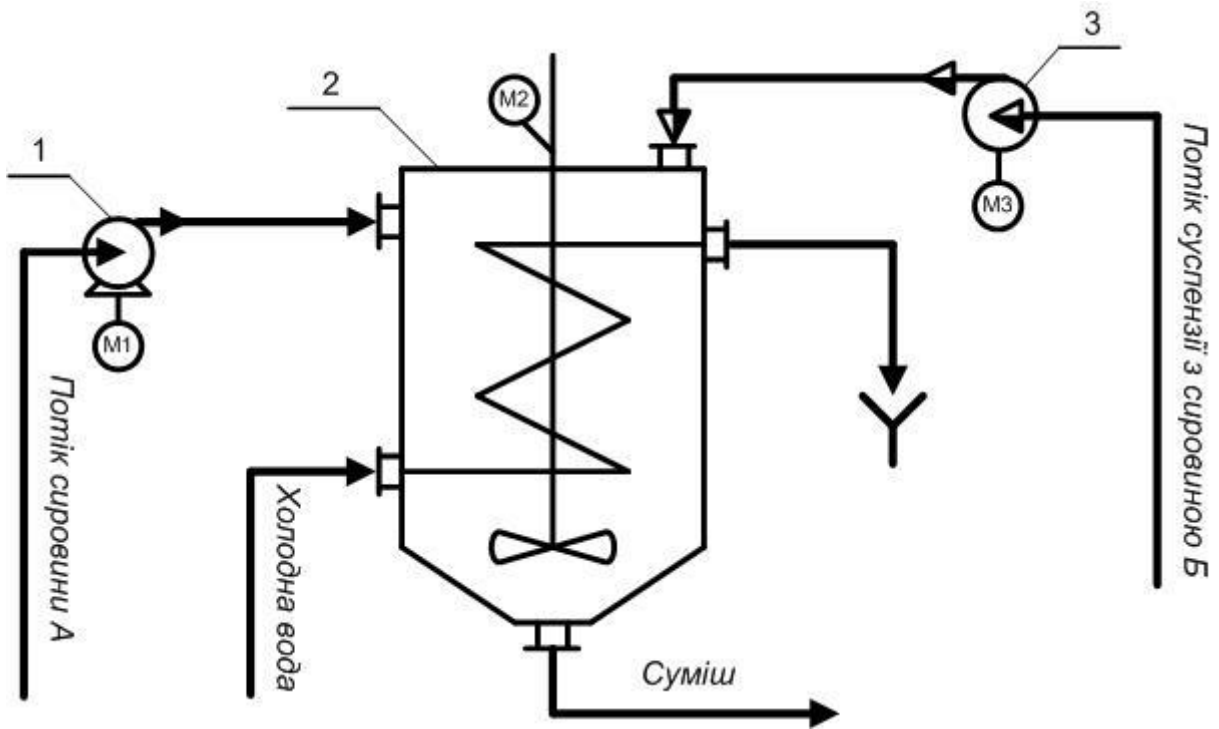


Рис. 2-1. Технологічна схема хімічного реактора зі змішування двох потоків сировини з екзотермічним технологічним процесом: 1 – відцентровий насос сировини А; 2 – хімічний реактор з трубчастим теплообмінником; 3 – ротаційний насос сировини Б.

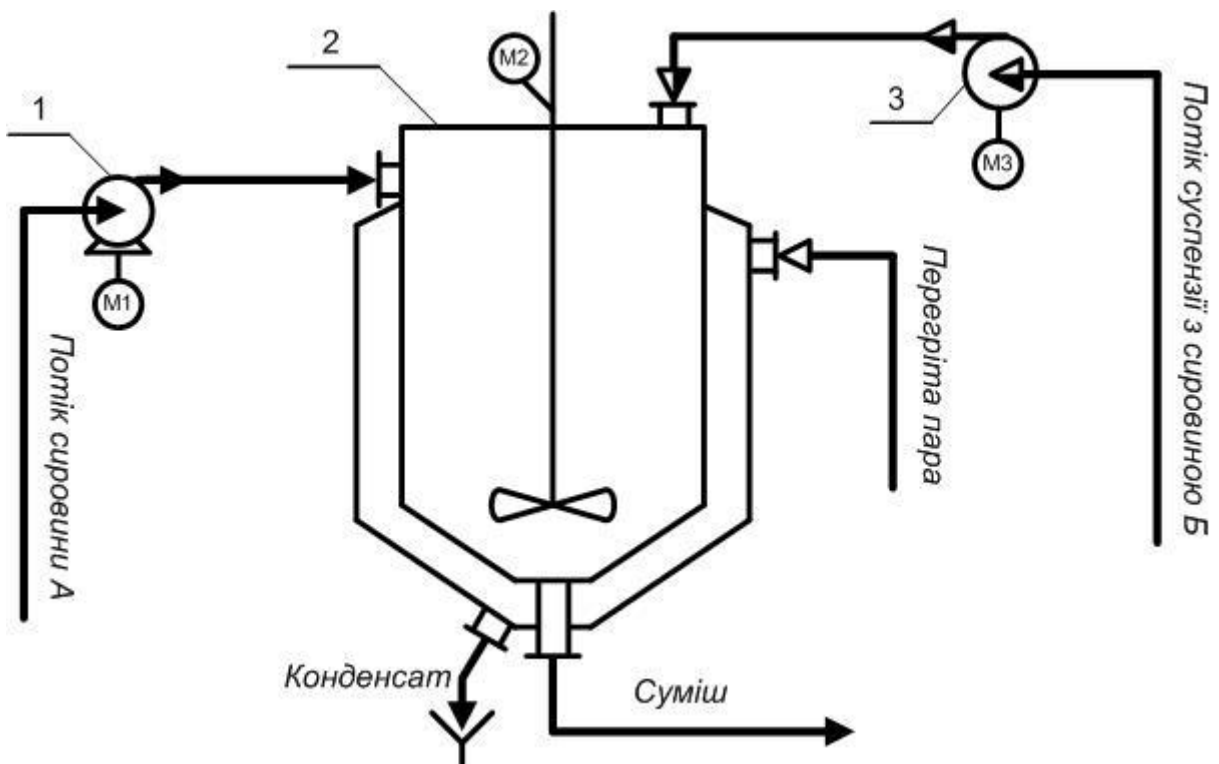


Рис. 2-2. Технологічна схема хімічного реактора зі змішування двох потоків сировини з ендотермічним технологічним процесом: 1 – відцентровий насос сировини А; 2 – хімічний реактор з поверхневим теплообмінником; 3 – ротаційний насос сировини Б.

2.1 Тепловий і матеріальний баланси об'єкта керування

Технологічні регламенти до технологічних процесів у різних хімічних виробництвах передбачають, щоби значення регулювальних технологічних параметрів у часі були постійним, тобто при заданій продуктивності апарату (навантаженню) зберігався статичний режим ведення технологічного процесу. Статичний режим процесу у технологічному апараті вказує, що у апараті встановився відповідний тепловий та матеріальний баланси. При появі збурення порушується відповідний тепловий баланс або матеріальний баланс у апараті, що відразу оказує вплив на зміну значення регулювального параметру процесу. Статичні характеристики об'єкта керування (технологічного апарату) показують величину зміни значення регулювального параметру при порушеннях теплового та матеріального балансу процесу. Розрахунок статичної характеристик до об'єкта керування виконується на основі рівнянь теплового і матеріального балансу відповідно до особливостей конструкції технологічного апарату і процесу. Для запису виразів з рівнянь теплового і матеріального балансу до об'єкта керування (рис. 2-1 та рис. 2-2) потрібно визначити параметричну схему, тобто задати позначення до технологічних параметрів з процесів, яки проходять у технологічному апараті. На рис. 2-3 показана параметрична схема до реактора з екзотермічним процесом змішування, а на рис. 2-4 наведена параметрична схема до реактора з ендотермічним процесом змішування.

Вирази до рівнянь теплового і матеріального балансу об'єкта керування потрібно спочатку записати у загальному вигляді, щоби легко бачити складові потоків тепла у хімічному реакторі. До параметричних схем з процесів, яки наведені на рис. 2-3 та рис. 2-4 потрібно записати по два теплових і матеріальних баланси.

Для параметричної схеми з екзотермічним процесом одне рівняння теплового балансу потрібно записати для маси суміші, яка заповнює об'єм реактора, а друге рівняння – для об'єму води у трубчастому теплообміннику. Теп-

лові баланси для стінок корпусу реактора і стінок трубок теплообмінника складати не потрібно, тому що необхідно визначати статичні характеристики до технологічних параметрів хімічного-реактора. Рівняння теплового балансу

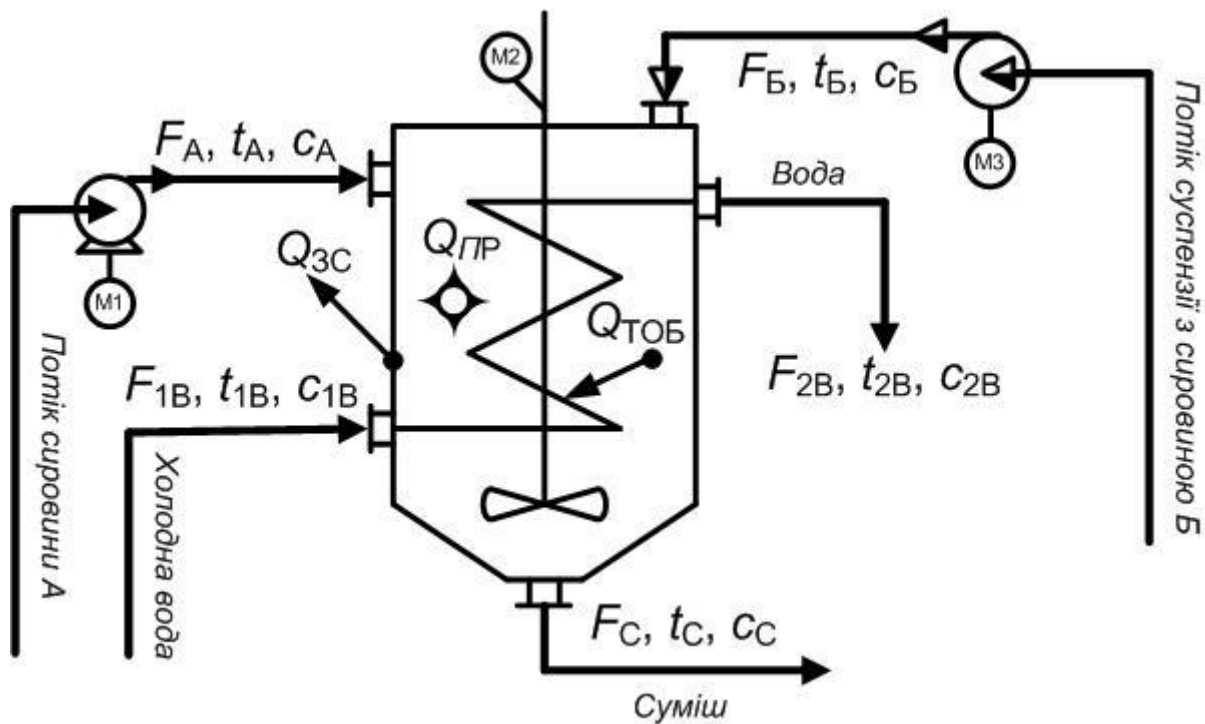


Рис. 2-3. Параметрична схема хімічного реактора зі змішування двох потоків сировини з екзотермічним технологічним процесом.

для об'єму суміші у реакторі з екзотермічним процесом (рис. 2-3) у загальному вигляді має складові по приходу потоків тепла та витратам тепла і відповідно має такий вигляд

$$Q_A + Q_B + Q_{ГР} - Q_{ТОБ} - Q_C - Q_{ЗС} = 0 \quad (1)$$

де: Q_A – кількість тепла у часі, яке приносить у реактор потік сировини А;

Q_B – кількість тепла у часі, яке приносить у реактор потік сировини Б;

$Q_{ГР}$ – кількість тепла у часі, яке виробляє екзотермічний процес;

$Q_{ТОБ}$ – кількість тепла у часі, яке передається від об'єму суміші до потоку охолоджувальної води за рахунок процесу теплообміну;

Q_C – кількість тепла у часі, яке виносить потік суміші на виході реактора;

$Q_{ЗС}$ – кількість тепла у часі, яке загублюється з поверхні реактора у зовнішнє середовище (повітря).

Рівняння матеріального балансу для об'єму суміші у реакторі відповідно має такий складові

$$F_A + F_B = F_C \quad (2)$$

де: F_A – прихід у часі потоку сировини А на вході у реактор;

F_B – прихід у часі потоку сировини Б на вході у реактор;

F_C – витрата у часі потоку суміші на виході з реактору.

Рівняння теплового балансу для трубчастого теплообмінника має такий вираз

$$Q_{B1} + Q_{TOB} - Q_{B2} = 0 \quad (3)$$

де: Q_{B1} – кількість тепла у часі, яке приносить на вході у трубчастий теплообмінник потік холодної води;

Q_{TOB} – кількість тепла у часі, яке передається від об'єму суміші до потоку охолоджувальної води за рахунок процесу теплообміну;

Q_{B2} – кількість тепла у часі, яке виносить на виході з трубчастого теплообмінника потік охолоджувальної води.

У трубчастий теплообмінник подається безперервний потік охолоджувальної води і тому рівняння матеріального балансу має такий вигляд

$$F_{B1} = F_{B2} \quad (4)$$

де: F_{B1} – витрата у часі холодної води на вході у трубчастий теплообмінник реактора;

F_{B2} – витрата у часі охолоджувальної води на виході з трубчастого теплообмінника реактора.

Для розрахунків і побудови статичних характеристик при допомозі рівнянь (1) та (3) потрібно сформулювати загальне рівняння теплового балансу для реактора, як об'єкта керування. Рівняння (1) та (3) необхідно об'єднати для отримання одної загальної залежності до технологічних параметрів хімічного реактора з екзотермічним процесом. У рівняннях (1) та (3) достеменно невідомі значення параметрів процесу теплообміну між масою суміші і трубчастим теплообмінником, тому у цих рівняннях потрібно виключити значення Q_{TOB} за рахунок визначення кількості тепла теплообміну з рівняння (3) та під-

становки у рівняння (1). Для цього з рівняння (3) можемо записати наступний вираз

$$Q_{\text{ТОВ}} = Q_{\text{В2}} - Q_{\text{В1}} \quad (5)$$

Після підстановки залежності (5) у рівняння теплового балансу (1) отримуємо тепловий баланс для об'єкта керування у такому вигляді

$$Q_A + Q_B + Q_{\text{ПР}} - Q_{\text{В2}} + Q_{\text{В1}} - Q_C - Q_{\text{ЗС}} = 0 \quad (6)$$

Статичні характеристики об'єкта керування (хімічного реактора) повинні показувати залежність регульовального параметра температури суміш t_c від технологічних параметрів збурення та регульовального параметру. Для розрахунків статичних характеристик записуємо до складових рівняння (6) залежності від значень технологічних параметрів відповідно до параметричної схеми процесу по рис. 2-3.

Залежність потоку тепла Q_A від значень технологічних параметрів має такий вираз:

$$Q_A = F_A t_A c_A \quad (7)$$

де: F_A – витрата у часі потоку сировини А на вході у об'єкт керування;

t_A – температура сировини А на вході у об'єкт керування;

c_A – теплоємність потоку сировини А.

відповідно для потоку тепла Q_B залежність від технологічних параметрів буде такою

$$Q_B = F_B t_B c_B \quad (8)$$

де: F_B – витрата у часі потоку сировини Б на вході у об'єкт керування;

t_B – температура сировини Б на вході у об'єкт керування;

c_B – теплоємність потоку сировини Б.

Для охолоджувальної води у трубчастому теплообміннику можна відповідно записати такі залежності

$$Q_{\text{В1}} = F_{\text{В1}} t_{\text{В1}} c_{\text{В1}} \quad (9)$$

де: $F_{\text{В1}}$ – витрата у часі потоку холодної води на вході у об'єкт керування;

$t_{\text{В1}}$ – температура холодної води на вході у об'єкт керування;

$c_{\text{В1}}$ – теплоємність холодної води на вході у трубчастий теплообмінник.

На виході трубчастого теплообмінника реактора значення Q_{B2} буде визначати наступна залежність

$$Q_{B2} = F_{B2} t_{B2} c_{B2} \quad (10)$$

де: F_{B2} – витрата у часі потоку холодної води на виході об'єкту керування і значення F_{B2} відповідно до рівняння (4) дорівнює значенню F_{B1} ;

t_{B2} – температура охолоджувальної води на виході об'єкту керування;

c_{B2} – теплоємність охолоджувальної води і вона дорівнює значенню c_{B1} .

Кількість тепла Q_C у часі, яке виносить потік суміші на виході з об'єкту керування відповідно визначає така залежність

$$Q_C = F_C t_C c_C \quad (11)$$

де: F_C – витрата у часі потоку суміші на виході з об'єкту керування;

t_C – температура суміші на виході з об'єкту керування (регульовальний параметр процесу змішування);

c_C – теплоємність потоку суміші.

Кількість тепла $Q_{ПР}$ у часі, яке виробляє екзотермічний процес об'єкта керування залежить від навантаження хімічного реактора (продуктивності), яка визначається потоками F_A і F_B та пропорційно до відповідного значення питомої теплотворності $q_{ЕКЗ}$ екзотермічного процесу і таким чином можна записати наступну залежність

$$Q_{ПР} = (F_A + F_B) * q_{ЕКЗ} \quad (12)$$

Кількість тепла $Q_{ЗС}$ у часі, яке загублюється з поверхні реактора у зовнішнє середовище (повітря) для більшості типових апаратів з хімічних виробництв складає від 15 до 20 % від загального прибутку тепла у технологічному апараті і, наприклад, можна визначити значення $Q_{ЗС}$ реактора рис. 2-3 наступною залежністю

$$Q_{ЗС} = (Q_{ПР} + Q_A + Q_B) * 0.2 \quad (13)$$

При допомозі визначених залежностей (7), (8), (9), (10), (11), (12) та (13) далі можна переписати рівняння теплового балансу (6) з загального вигляду у параметричну форму (з технологічними параметрами)

$$F_A t_{AC_A} + F_B t_{BC_B} + (F_A + F_B) * q_{EK3} + F_{B1} t_{B1C_{B1}} - F_{B1} t_{B2C_{B1}} - F_C t_{CC} - [(F_A + F_B) * q_{EK3} + F_A t_{AC_A} + F_B t_{BC_B}] * 0.2 = 0 \quad (14)$$

Після розкриття скобок у складових рівняння (14) можна записати таку залежність параметрів до об'єкта керування з екзотермічним процесом.

$$F_A t_{AC_A} + F_B t_{BC_B} + F_A q_{EK3} + F_B q_{EK3} + F_{B1} t_{B1C_{B1}} - F_{B1} t_{B2C_{B1}} - F_C t_{CC} - F_A q_{EK3} 0.2 - F_B q_{EK3} 0.2 - F_A t_{AC_A} 0.2 - F_B t_{BC_B} 0.2 = 0 \quad (15)$$

Для розрахунків статичних характеристик об'єкта керування з екзотермічним процесом необхідно рівняння (15) записати відносно складової з регулювальним параметром t_C і відповідно до цього отримуємо наступну розрахункову залежність з урахуванням рівняння (2)

$$(F_A + F_B) t_{CC} = 0.8 F_A t_{AC_A} + 0.8 F_A q_{EK3} + 0.8 F_B t_{BC_B} + 0.8 F_B q_{EK3} + F_{B1} C_{B1} (t_{B1} - t_{B2}) \quad (16)$$

Рівняння теплового балансу для об'єму суміші у реакторі з ендотермічним процесом (рис. 2-4) у загальному вигляді має складові по приходу потоків тепла та витрати тепла і відповідно буде таке рівняння

$$Q_A + Q_B + Q_{TOB} - Q_{IP} - Q_C = 0 \quad (17)$$

де: Q_A – кількість тепла у часі, яке приносить у реактор потік сировини А;

Q_B – кількість тепла у часі, яке приносить у реактор потік сировини Б;

Q_{IP} – кількість тепла у часі, яке витрачається на підтримку ендотермічного процесу у реакторі;

Q_{TOB} – кількість тепла у часі, яка передається від об'єму пари з поверхневого теплообмінника до маси суміші у реакторі за рахунок процесу теплообміну;

Q_C – кількість тепла у часі, яке виносить потік суміші на виході реактора.

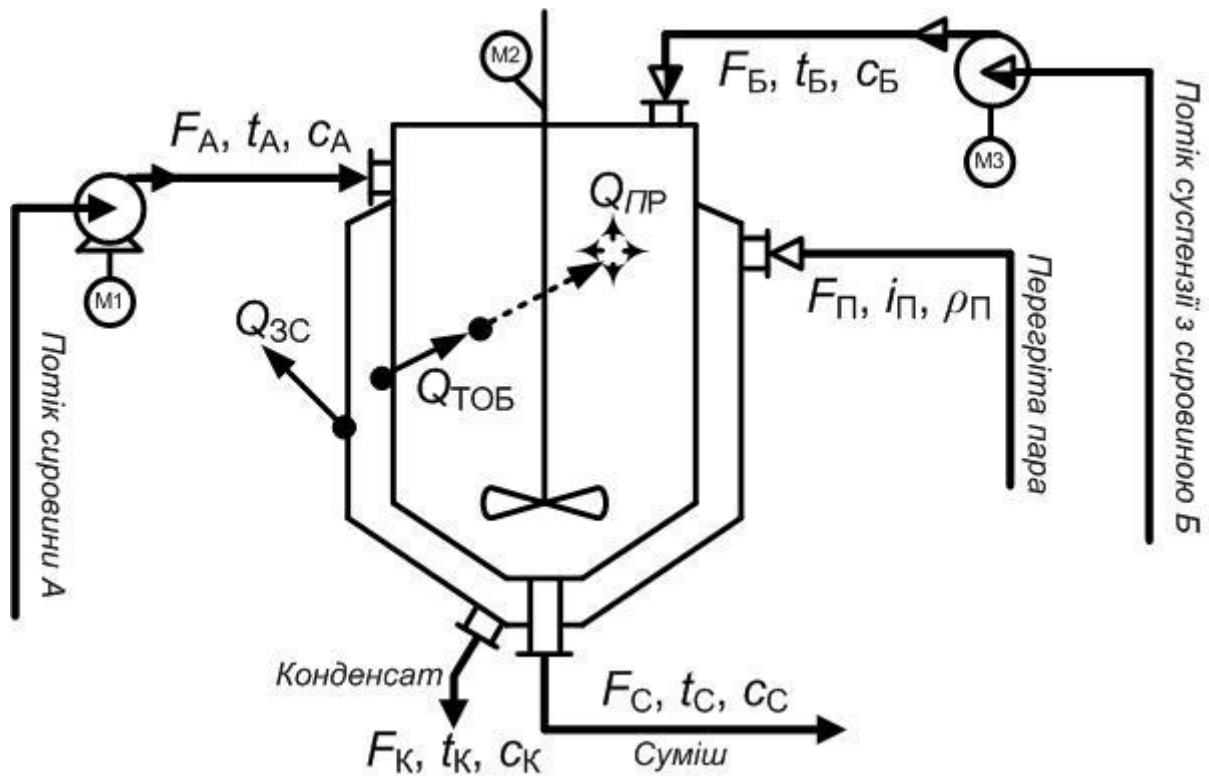


Рис. 2-4. Параметрична схема хімічного реактора зі змішування двох потоків сировини з ендотермічним технологічним процесом:

Рівняння теплового балансу для поверхневого теплообмінника має наступні складові і такий вигляд

$$Q_{\Pi} - Q_{\text{ТОБ}} - Q_{\text{К}} - Q_{\text{ЗС}} = 0 \quad (18)$$

де: Q_{Π} – кількість тепла у часі, яке приносить у поверхневий теплообмінник потік перегрітої пари;

$Q_{\text{К}}$ – кількість тепла у часі, яке виносить потік конденсату з поверхневого теплообмінника;

$Q_{\text{ЗС}}$ – кількість тепла у часі, яка загублюється з поверхні парового теплообмінника у зовнішнє середовище (повітря).

Параметри та особливості процесу теплообміну пари з масою суміші у реакторі достеменно невідомі і тому з рівняння (18) визначаємо для $Q_{\text{ТОБ}}$ наступну залежність, яку далі підставимо у рівняння (17)

$$Q_{\text{ТОБ}} = Q_{\Pi} - Q_{\text{К}} - Q_{\text{ЗС}} \quad (19)$$

Після підстановки рівняння (19) у рівняння (17) отримуємо рівняння теплового балансу для об'єкта керування (реактора) з ендотермічним процесом

$$Q_{\text{А}} + Q_{\text{Б}} + Q_{\Pi} - Q_{\text{К}} - Q_{\text{ЗС}} - Q_{\text{ГП}} - Q_{\text{С}} = 0 \quad (20)$$

Потоки тепла у часі Q_A , Q_B та Q_C залежать від технологічних параметрів об'єкта керування відповідно до рівнянь (7), (8) та (11). Кількість потоку тепла пари Q_{Π} на вході у поверхневий теплообмінник відповідно до параметричної схеми рис. 2-4 визначає наступна залежність

$$Q_{\Pi} = F_{\Pi} i_{\Pi} \rho_{\Pi} \quad (21)$$

де: F_{Π} – об'ємний потік перегрітої пари у часі на вході у поверхневий теплообмінник;

i_{Π} – ентальпія перегрітої пари на вході у поверхневий теплообмінник;

ρ_{Π} – густина перегрітої пари на вході у поверхневий теплообмінник.

Кількість потоку тепла конденсату Q_K від пари на виході поверхневого теплообмінника відповідно до параметричної схеми рис. 2-4 визначає наступна залежність

$$Q_K = F_K t_K c_K \quad (22)$$

де: F_K – витрата у часі конденсату від пари на виході поверхневого теплообмінника і визначається рівнянням $F_K = F_{\Pi} \rho_{\Pi}$;

t_K – температура конденсату на виході поверхневого теплообмінника;

c_K – теплоємність потоку конденсату на виході поверхневого теплообмінника.

Кількість тепла $Q_{\Pi P}$ у часі, яке витрачається для підтримки ендотермічного процесу об'єкта керування залежить від навантаження хімічного реактора (продуктивності), яка визначається потоками F_A і F_B та пропорційно до відповідного значення питомої витрати тепла $q_{\text{ЕНД}}$ на ендотермічний процес і таким чином можна записати наступну залежність

$$Q_{\Pi P} = (F_A + F_B) * q_{\text{ЕНД}} \quad (23)$$

Кількість тепла Q_{3C} у часі, яке загублюється з поверхні парового теплообмінника у зовнішнє середовище (повітря) для більшості таких типових апаратів з хімічних виробництв складає від 15 до 20 % від загального прибутку тепла з перегрітою парою у поверхневий теплообмінник. Наприклад, можна визначити значення Q_{3C} теплообмінника до рис. 2-4 наступною залежністю

$$Q_{3C} = Q_{\Pi} 0.2 \quad (24)$$

При допомозі визначених залежностей (7), (8), (11), (21), (22), (23) та (24) далі можна переписати рівняння теплового балансу (20) з загального вигляду у параметричну форму (з технологічними параметрами)

$$F_A t_{AC} + F_B t_{BC} + F_{\Pi} i_{\Pi} \rho_{\Pi} - F_K t_{KC} - F_{\Pi} i_{\Pi} \rho_{\Pi} 0.2 - (F_A + F_B) * q_{\text{ЕНД}} - F_C t_{CC} = 0 \quad (25)$$

Для розрахунків статичних характеристик об'єкта керування з ендотермічним процесом необхідно рівняння (25) записати відносно складової з регулювальним параметром t_C і відповідно до цього отримуємо наступну розрахункову залежність з урахуванням рівняння (2) та залежності $F_K = F_{\Pi} \rho_{\Pi}$

$$(F_A + F_B) t_{CC} = F_A t_{AC} + F_B t_{BC} + F_{\Pi} i_{\Pi} \rho_{\Pi} 0.8 - F_{\Pi} \rho_{\Pi} t_{KC} - (F_A + F_B) * q_{\text{ЕНД}} \quad (26)$$

Далі у методичних вказівках до РГР сформоване рівняння теплового балансу (16) будемо використовувати для розрахунків статичних характеристик хімічного реактора з екзотермічним процесом і параметричною схемою рис. 2-3. Сформоване рівняння теплового балансу (26) можна використати для розрахунків статичних характеристик хімічного реактора з ендотермічним процесом і параметричною схемою рис. 2-4.

2.2 Статичні характеристики технологічного процесу

При визначенні набору статичних характеристик для об'єкта керування необхідно побудувати допоміжну розрахункову схему, наприклад, як це показано на рис. 2-5 для хімічного реактора з екзотермічним процесом. Розрахункова схема рис. 2-5 показує, що регулювальний параметр – температура суміші на виході реактора t_C , змінюється під впливом технологічних параметрів по трьох каналах: $W_{KB}(p)$ – каналу регулювального впливу за рахунок зміни витрати води у трубчастий теплообмінник; $W_{KA}(p)$ – каналу збурення процесу, тобто від впливів збурення з потоку сировини А на вході у реактор; $W_{KB}(p)$ – каналу збурення процесу, тобто від впливів збурення з потоку сировини Б на вході у реактор.

Для каналу регулювального впливу для підтримки постійного значення температури суміші t_C за рахунок зміни витрати води можна розрахувати статичну характеристику, тобто залежність (функцію), яка показує зміну темпе-

ратури суміші t_C при змінах витрати води у трубчастий теплообмінник, якщо інші технологічні параметри процесу мають постійні значення. Статична характеристика для регульовального впливу по каналу $W_{kB}(p)$ має наступний вигляд

$$t_C = f_{1B}(F_{B1}) \quad (27)$$

У регульовальному каналі $W_{kB}(p)$ може виникати і вплив зі збурення теплового балансу процесу у хімічному реакторі, коли змінюється значення температури холодної води t_{1B} на вході у теплообмінник, а значення витрати води та інших технологічних параметрів залишаються постійними, і тому потрібно визначати наступну статичну характеристику

$$t_C = f_{2B}(t_{B1}) \quad (28)$$

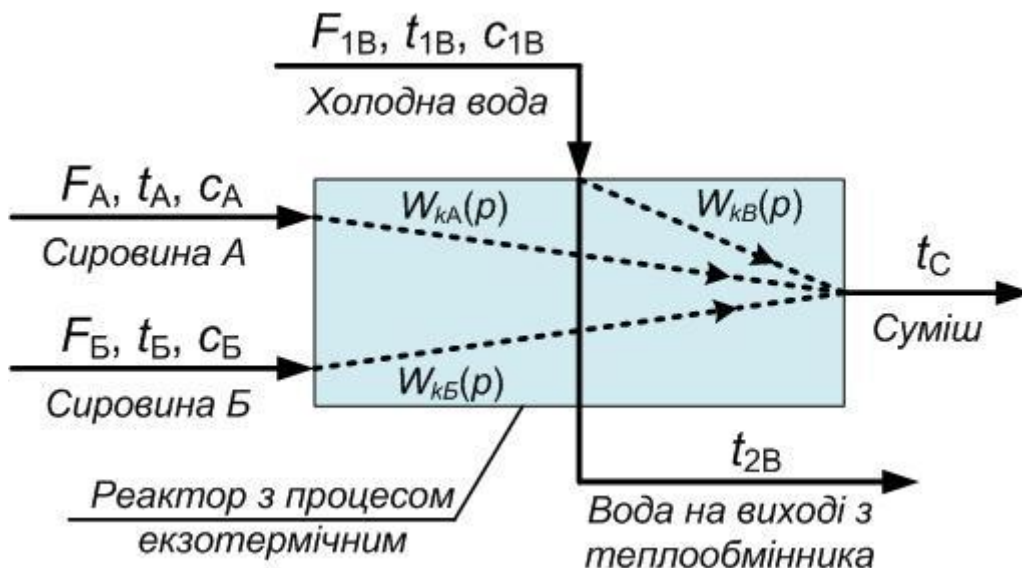


Рис. 2-5. Розрахункова схема для визначення статичних характеристик хімічного реактора з екзотермічним процесом.

У каналі $W_{kA}(p)$ зі збурення процесу по потоку сировини А можуть змінюватися два параметра: витрата F_A сировини А та температура t_A потоку сировини А і тому для об'єкта керування потрібно визначати дві такі статичні характеристики

$$t_C = f_{1A}(F_A) \quad (29)$$

$$t_C = f_{2A}(t_A) \quad (30)$$

Також у каналі $W_{kB}(p)$ зі збурення процесу по потоку сировини Б можуть змінюватися два параметра: витрата F_B сировини Б та температура t_B потоку си-

ровини Б і тому для об'єкта керування потрібно визначати дві наступні статичні характеристики

$$t_c = f_{1B}(F_B) \quad (31)$$

$$t_c = f_{2B}(t_B) \quad (32)$$

Розрахунки статичних характеристик відповідно до залежностей (27), (28), (29), (30), (31) та (32) для хімічного реактора з екзотермічним процесом потрібно виконувати по залежності технологічних параметрів (16) до теплового балансу об'єкта керування.

При визначенні набору статичних характеристик для хімічного реактора з ендотермічним процесом допоміжна розрахункова схема може бути такою, як це показано на рис. 2-6.

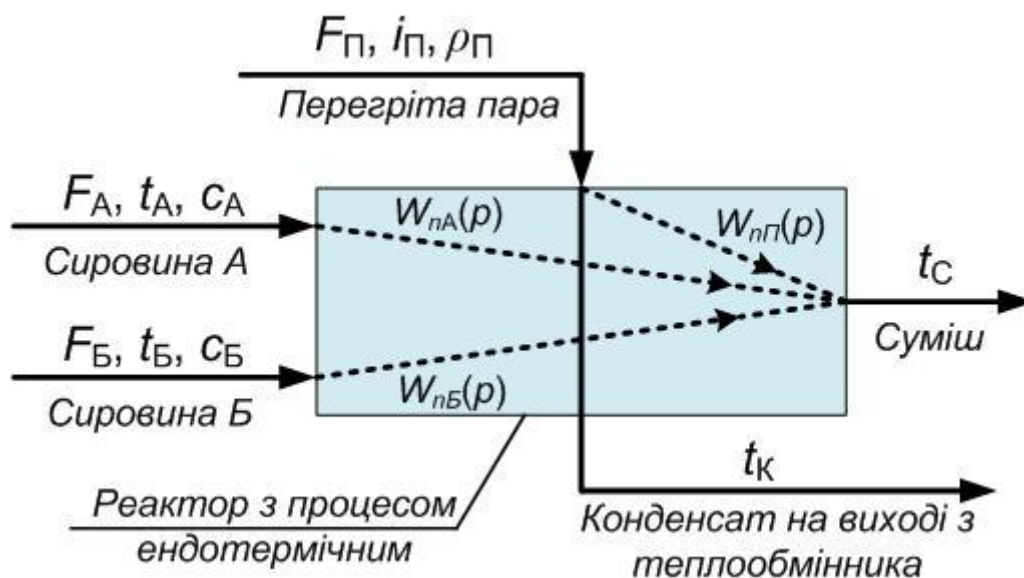


Рис. 2-6. Розрахункова схема для визначення статичних характеристик хімічного реактора з ендотермічним процесом.

Розрахункова схема рис. 2-6 показує, що регульовальна температура суміші на виході реактора t_c змінюється також під впливом технологічних параметрів по трьох каналах: $W_{нп}(p)$ – каналу регульовального впливу за рахунок зміни витрати перегрітої пари у поверхневий теплообмінник; $W_{нА}(p)$ – каналу збурення процесу, тобто від впливів збурення по потоку сировини А на вході у реактор; $W_{нБ}(p)$ – каналу збурення процесу, тобто від впливів збурення по потоку сировини Б на вході у реактор.

Для каналу регулювального впливу для підтримки постійного значення температури суміші t_C за рахунок зміни витрати перегрітої пари можна розрахувати статичну характеристику, тобто залежність (функцію), яка показує зміну температури t_C при змінах витрати пари у поверхневий теплообмінник, якщо інші технологічні параметри процесу мають постійні значення. Статична характеристика для регулювального каналу $W_{nП}(p)$ має наступний вигляд

$$t_C = f_{1П}(F_{П}) \quad (33)$$

По розрахунковій схемі рис. 2-6 видно, що у регулювальному каналі $W_{nП}(p)$ є ще два параметра: інтальпія перегрітої пари $i_{П}$ та густина пари $\rho_{П}$. Ці технологічні параметри пари мають особливість у тому, що вони залишаються постійними, бо перегріта пара виробляється парогенераторною установкою з постійними параметрами пари на виході. З цієї причини інтальпія перегрітої пари $i_{П}$ та густина пари $\rho_{П}$ не можуть викликати збурюючі впливи на тепловий баланс процесу у хімічному реакторі з ендотермічним процесом.

У каналі $W_{nА}(p)$ зі збурення процесу по потоку сировини А можуть змінюватися два параметра: витрата F_A сировини А та температура t_A потоку сировини А і тому для об'єкта керування потрібно визначати дві такі статичні характеристики

$$t_C = f_{3А}(F_A) \quad (34)$$

$$t_C = f_{4А}(t_A) \quad (35)$$

Також у каналі $W_{nБ}(p)$ зі збурення процесу по потоку сировини Б можуть змінюватися два параметра: витрата F_B сировини Б та температура t_B потоку сировини Б і тому для об'єкта керування потрібно визначати дві наступні статичні характеристики

$$t_C = f_{3Б}(F_B) \quad (36)$$

$$t_C = f_{4Б}(t_B) \quad (37)$$

Розрахунки статичних характеристик відповідно до залежностей (33), (34), (35), (36) та (37) для хімічного реактора з ендотермічним процесом потрібно виконувати по залежності технологічних параметрів (26) до теплового балансу об'єкта керування.

2.3 Приклад і методика розрахунків статичних характеристик хімічного реактора з екзотермічним процесом

Розрахунки статичних характеристик до залежностей (27), (28), (29), (30), (31) та (32) будемо виконувати по рівнянню теплового балансу об'єкта керування (16), яке потрібно для ведення розрахунків спочатку записати у такому вигляді

$$t_C = \frac{0,8 \cdot F_A \cdot t_A \cdot c_A + 0,8 \cdot F_B \cdot t_B \cdot c_B + (F_A + F_B) \cdot 0,8 \cdot q_{EK3} - F_{B1} \cdot c_{B1} \cdot (t_{B2} - t_{B1})}{(F_A + F_B) \cdot c_C} \quad (38)$$

Далі для усіх технологічних параметрів, яки входять у рівняння (38) потрібно визначити відповідні значення до параметрів і звести їх у формі таблиці 2.1. Значення до технологічних параметрів рівняння (38) можна визначати по опису технологічної схеми процесу об'єкта керування, або по інформації з технологічного регламенту на процес та з літературних даних.

Таблиця 2.1. Дані для розрахунку статичних характеристик хімічного реактора з екзотермічним процесом

Параметри об'єкта керування	Тип технологічного потоку реактора			Тип потоку теплообмінника	
	Вхід		Вихід	Вхід	Вихід
	Сировина А	Сировина Б	Суміш	Холодна вода	Тепла вода
Витрата, кг/с	$F_A = 0,52$	$F_B = 1,1$	$F_C = 1,62$	$F_{B1} = 3,2$	$F_{B1} = 3,2$
Теплоємність, КДж/(кг·К)	$c_A = 3,6$	$c_B = 1,8$	$c_C = 1,26$	$c_{B1} = 4,2$	$c_{B1} = 4,2$
Температура, К	$t_A = 298$	$t_B = 298$	$t_C = 333$	$t_{B1} = 290$	$t_{B2} = 310$

У таблиці 2.1 відсутнє значення до питомої теплотворності екзотермічного процесу q_{EK3} , яке можна вирахувати по рівнянню (38) і відповідно обчислюємо таке значення $q_{EK3} = 23,305$ кДж/кг. Після уточнюючого розрахунку значення q_{EK3} необхідно усі значення параметрів з таблиці 2.1 разом з q_{EK3} підставити у рівняння (38) для контролю чи дорівнює значення лівої частини до значення правої частини рівняння (38). Після визначення усіх значень технологічних параметрів до рівняння (38) та перевірки однаковості правої і лівої частини рівняння (38) можна виконувати розрахунки статичних характеристик об'єкта керування.

При розрахунку статичної характеристики (27), тобто $t_c = f_{IB}(F_{B1})$ будемо змінювати у рівнянні (38) тільки значення до витрати води F_{B1} на вході у трубчастий теплообмінник на інтервалі від -10 % до + 10 % з шагом у 2 % по відношенню до значення F_{B1} , записаного у таблиці 2.1. Усі інші значення до технологічних параметрів у рівнянні (38) використовуємо з таблиці 2.1 і вони залишаються постійними. Результати по обчисленню статичної характеристики $t_c = f_{IB}(F_{B1})$ записуємо у таблицю 2.2 та будемо відповідний графік, який показано на рис. 2-7.

Таблиця 2.2. Результати по розрахунку статичної характеристики $t_c = f_{IB}(F_{B1})$

t_c	346,17	343,53	340,90	338,27	335,63	333,0	330,27	327,73	325,1	322,46	319,83
F_{B1}	2,88	2,944	3,008	3,072	3,136	3,2	3,264	3,33	3,392	3,456	3,52
Шаг зміни F_{B1}	-10 %	-8 %	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %

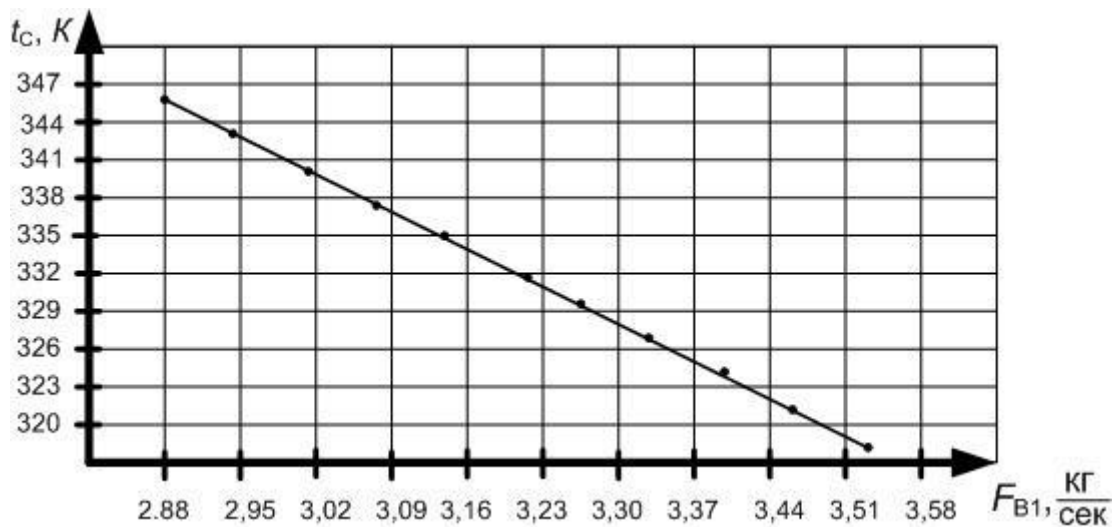


Рис. 2-7. Графік статичної характеристики $t_c = f_{IB}(F_{B1})$ хімічного реактора з екзотермічним процесом.

Графік статичної характеристики рис. 2-7 показує, що при збільшенні витрати води у трубчастий теплообмінник хімічного реактора температура суміші буде зменшуватись. По даним статичної характеристики $t_c = f_{IB}(F_{B1})$ необхідно розрахувати чисельне значення коефіцієнту передачі K_{IB} , який вказує на величину впливу витрати води на температуру суміші при регулю-

ванні t_C . Коефіцієнт передачі K_{1B} розрахуємо по даним табл. 2.2 для шагу зміни F_{B1} у 4 % по наступній залежності

$$K_{1B} = \frac{\Delta t_C}{\Delta F_{B1}} \rightarrow \frac{327,73 - 333,0}{3,33 - 3,2} = \frac{-5,27}{0,13} = -40,538 \frac{\text{град}, K}{\text{кг}/\text{сек}} \quad (39)$$

Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_{B1})$ записуємо у таблицю 2.3 та будемо відповідний графік, який показано на рис. 2-8.

Таблиця 2.3. Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_{B1})$

t_C	256,6	294,81	333,0	371,2	409,38	447,57	485,76	523,9
t_{B1}	278,4	284,4	290,0	295,8	301,6	307,4	313,2	319,0
Шаг зміни t_{B1}	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %

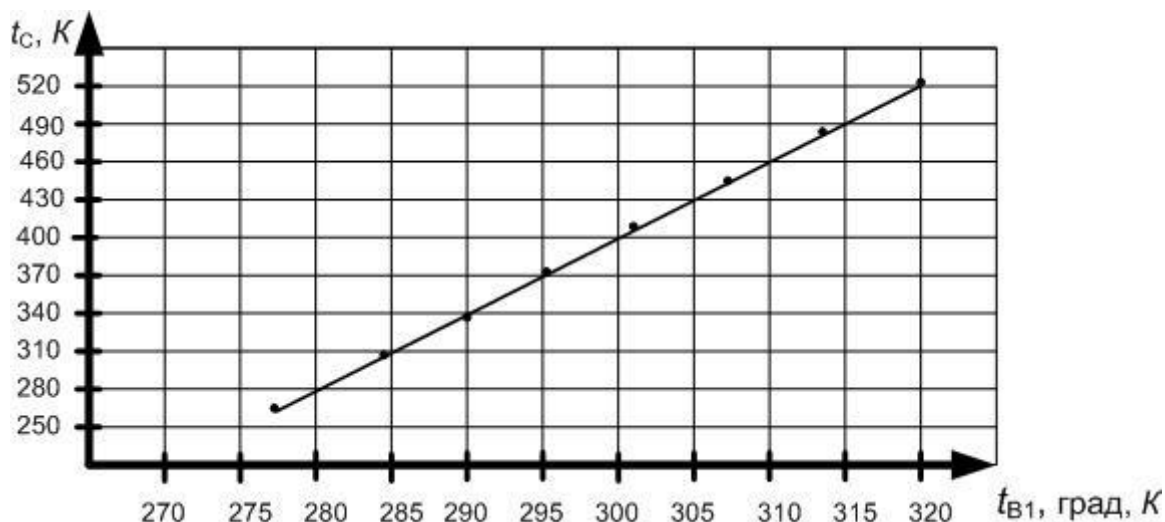


Рис. 2-8. Графік статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_{B1})$ хімічного реактора з екзотермічним процесом.

Графік статичної характеристики рис. 2-8 показує, що при збільшенні температури води на вході у трубчастий теплообмінник хімічного реактора температура суміші також збільшується. По даним статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_{B1})$ необхідно розрахувати чисельне значення коефіцієнту передачі K_{2B} , який вказує на величину впливу збурення температури води t_{B1} на температуру суміші при регулюванні t_C . Коефіцієнт передачі K_{2B} розрахуємо по даним табл. 2.3 для шагу зміни t_{B1} у 4 % по наступній залежності

$$K_{2B} = \frac{\Delta t_C}{\Delta t_{B1}} \rightarrow \frac{409,38 - 333,0}{301,60 - 290,0} = \frac{76,38}{11,6} = 6,584 \frac{\text{град}, K}{\text{град}, K} \quad (40)$$

Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{1A}(F_A)$ записуємо у таблицю 2.4 та будемо відповідний графік, який показано на рис. 2-9.

Таблиця 2.4. Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{1A}(F_A)$

t_C	320,96	323,43	325,87	328,28	330,6	333,0	335,32	337,60	339,86	342,10	344,3
F_A	0,468	0,478	0,489	0,499	0,510	0,52	0,530	0,540	0,551	0,562	0,572
Шаг зміни F_A	-10 %	-8 %	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %

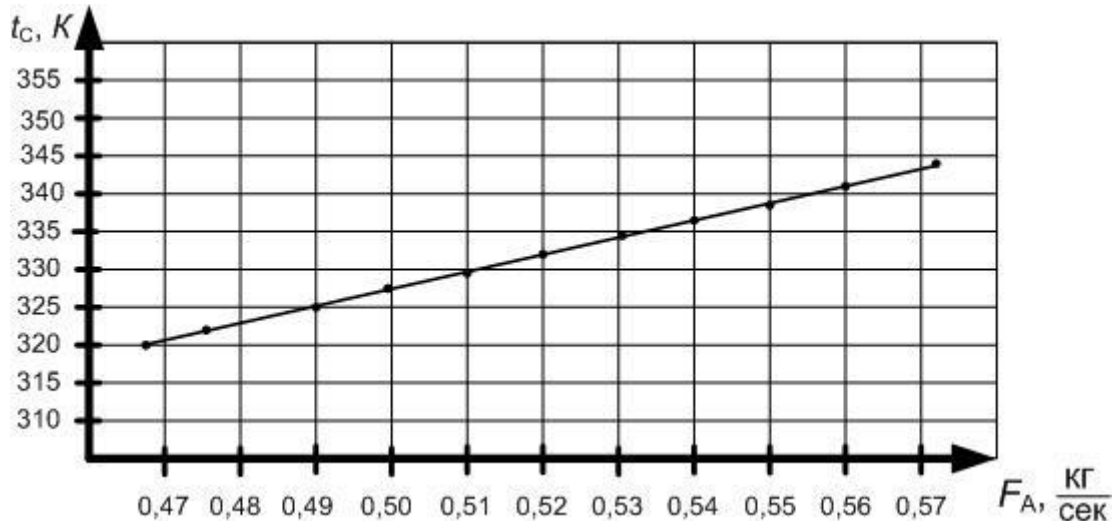


Рис. 2-9. Графік статичної характеристики $t_C = f_{1A}(F_A)$ хімічного реактора з екзотермічним процесом.

Графік статичної характеристики рис. 2-9 показує, що при збільшенні витрати потоку сировини А у хімічний реактор температура суміші також збільшується. По даним статичної характеристики $t_C = f_{1A}(F_A)$ необхідно розрахувати чисельне значення коефіцієнту передачі K_{1A} , який вказує на величину впливу витрати потоку сировини А на зміну температури суміші t_C . Коефіцієнт передачі K_{1A} розрахуємо по даним табл. 2.4 для шагу зміни F_A у 4 % по наступній залежності

$$K_{1A} = \frac{\Delta t_C}{\Delta F_A} \rightarrow \frac{337,60 - 333,0}{0,540 - 0,520} = \frac{4,60}{0,02} = 230,0 \frac{\text{град}, K}{\text{кг} / \text{сек}} \quad (41)$$

Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{2A}(t_A)$ запишемо у таблицю 2.5 та будемо відповідний графік, який показано на рис. 2-10.

Таблиця 2.5. Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{2A}(t_A)$

t_C	315,51	319,88	324,25	328,63	333,0	337,37	341,75	346,12	350,49	354,9
t_A	274,16	280,12	286,08	292,04	298,0	303,96	309,92	315,88	321,84	327,8
Шаг зміни t_A	-8%	-6%	-4%	-2%	0%	2%	4%	6%	8%	10%

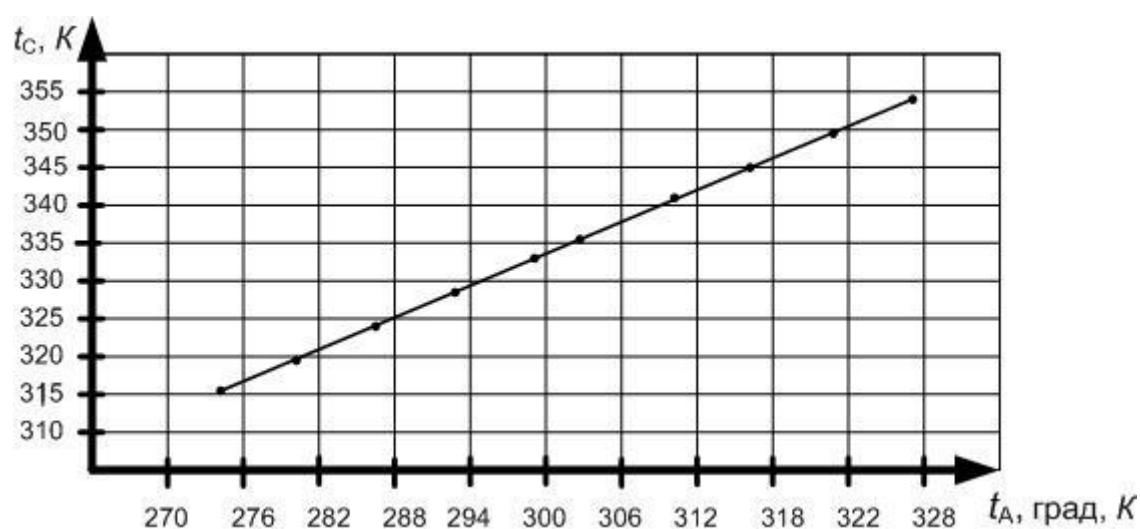


Рис. 2-10. Графік статичної характеристики $t_C = f_{2A}(t_A)$ хімічного реактора з екзотермічним процесом.

Графік статичної характеристики рис. 2-10 показує, що при збільшенні температури потоку сировини А на вході у хімічний реактор температура суміші також збільшується. По даним статичної характеристики $t_C = f_{2A}(t_A)$ необхідно розрахувати чисельне значення коефіцієнту передачі K_{2A} , який вказує на величину впливу від збурення температури потоку сировини А на температуру суміші t_C . Коефіцієнт передачі K_{2A} розраховуємо по даним табл. 2.5 для шагу зміни t_A на інтервалі у 4 % по наступній залежності

$$K_{2A} = \frac{\Delta t_C}{\Delta t_A} \rightarrow \frac{341,75 - 33,0}{309,92 - 298,0} = \frac{8,75}{11,92} = 0,734 \frac{\text{град}, K}{\text{град}, K} \quad (42)$$

Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{1B}(F_B)$ запишемо у таблицю 2.6 та будемо відповідний графік, який показано на рис. 2-11.

Таблиця 2.6. Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{1B}(F_B)$

t_C	331,37	331,71	332,05	332,37	332,69	333,0	333,30	333,59	333,87	334,15	334,4
F_B	0,99	1,012	1,034	1,056	1,078	1,1	1,122	1,14	1,166	1,188	1,21
Шаг зміни F_B	-10 %	-8 %	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %

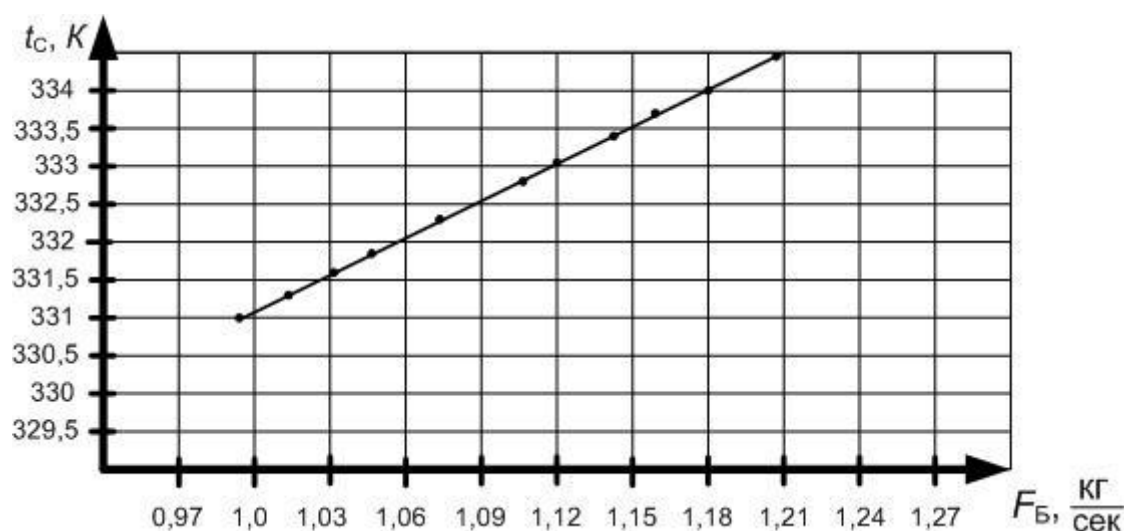


Рис. 2-11. Графік статичної характеристики $t_C = f_{1B}(F_B)$ хімічного реактора з екзотермічним процесом.

Графік статичної характеристики рис. 2-11 показує, що при збільшенні витрати потоку сировини Б у хімічний реактор температура суміші також збільшується. По даним статичної характеристики $t_C = f_{1B}(F_B)$ необхідно розрахувати чисельне значення коефіцієнту передачі K_{1B} , який вказує на величину впливу витрати потоку сировини Б на зміну температури суміші t_C . Коефіцієнт передачі K_{1B} розраховуємо по даним табл. 2.6 для шагу зміни F_B на інтервалі у 4 % по наступній залежності

$$K_{1B} = \frac{\Delta t_C}{\Delta F_B} \rightarrow \frac{333,59 - 333,0}{1,14 - 1,1} = \frac{0,59}{0,04} = 14,75 \frac{\text{град}, K}{\text{кг/сек}} \quad (43)$$

Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_B)$ запишемо у таблицю 2.7 та будемо відповідний графік, який показано на рис. 2-12.

Таблиця 2.7. Результати по розрахунку статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_B)$

t_C	320,13	324,51	328,88	333,25	333,0	341,99	346,37	350,74	355,12	359,5
t_B	274,16	280,12	286,08	292,04	298,0	303,96	309,92	315,88	321,84	327,8
Шаг зміни t_B	-8%	-6%	-4%	-2%	0%	2%	4%	6%	8%	10%

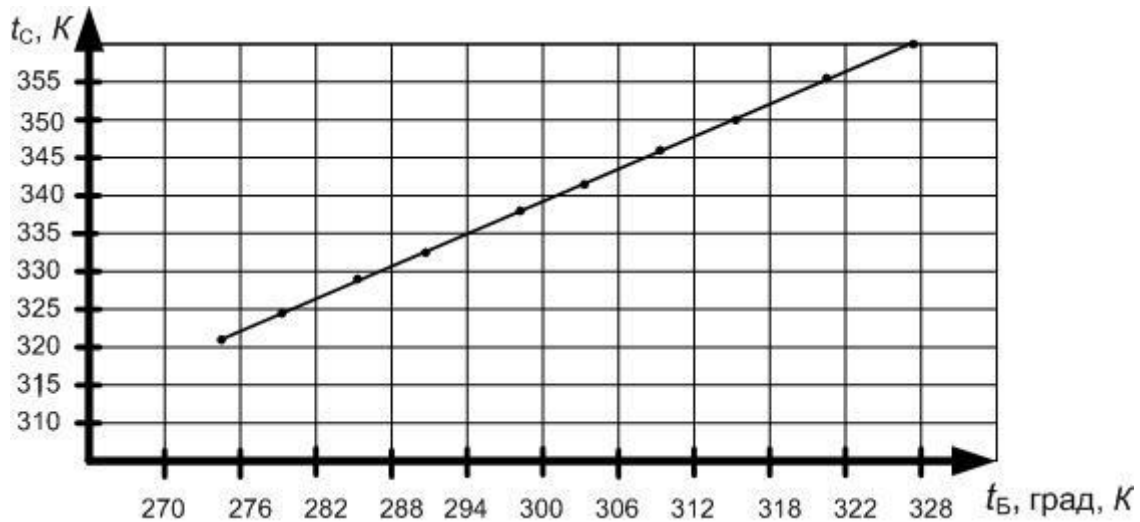


Рис. 2-12. Графік статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_B)$ хімічного реактора з екзотермічним процесом.

Графік статичної характеристики рис. 2-12 показує, що при збільшенні температури потоку сировини Б на вході у хімічний реактор температура суміші також збільшується. По даним статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_B)$ необхідно розрахувати чисельне значення коефіцієнту передачі K_{2B} , який вказує на величину впливу від збурення температури потоку сировини Б на температуру суміші t_C . Коефіцієнт передачі K_{2B} розраховуємо по даним табл. 2.7 для шагу зміни t_B на інтервалі у 4% по наступній залежності

$$K_{2B} = \frac{\Delta t_C}{\Delta t_B} \rightarrow \frac{346,37 - 333,0}{309,92 - 298,0} = \frac{13,37}{11,92} = 1,122 \frac{\text{град}, K}{\text{град}, K} \quad (42)$$

Після виконання розрахунків даних до статичних характеристик та коефіцієнтів передач по каналам впливів параметрів об'єкта керування необхідно ці коефіцієнти передачі проаналізувати для рекомендацій до розробки схеми автоматизації екзотермічного процесу у хімічному реакторі. Для аналізу і по-

рівняння значень коефіцієнтів передачі сформуємо розраховані дані у вигляді таблиці 2.8.

Таблиця 2.8. Значення коефіцієнтів передачі по каналах впливів технологічних параметрів реактора на температуру суміші t_C

Канали з впливів на температуру суміші t_C		Коефіцієнт передачі каналу	
		Значення	Розмірність
Канал $W_{KB}(p)$ з регулювання процесу	F_{B1}	- 40,538	град, К/(кг/сек)
	t_{B1}	6,584	град, К/град, К
Канал $W_{KA}(p)$ зі збурення процесу	F_A	230,0	град, К/(кг/сек)
	t_A	0,734	град, К/град, К
Канал $W_{KB}(p)$ зі збурення процесу	F_B	14,75	град, К/(кг/сек)
	t_B	1,122	град, К/град, К

Проаналізувавши дані статичних характеристик об'єкта керування та розраховані коефіцієнти впливів (передачі) технологічних параметрів на регульовальний параметр t_C можна до розробки схеми автоматизації екзотермічного процесу у хімічному реакторі сформулювати такі рекомендації:

1). Коефіцієнт передачі впливу від змін витрати сировини А на температуру суміші t_C є саме більшим. З цієї причини у схемі автоматизації процесу потрібно передбачити контур регулювання витрати сировини А з автоматичним регулятором, який би забезпечував стабілізацію витрати потоку на вході у хімічний реактор.

2). Регульовальний клапан на трубопроводі потоку сировини А повинен забезпечувати регулювання витрати від мінімального значення 0,4 кг/сек до максимального значення у 0,6 кг/сек.

3). Регулювання витрати сировини Б повинно виконуватися у заданому співвідношенні відповідно до технологічного регламенту на процес. Для регулювання співвідношення витрат потоків сировини А та Б потрібно встановити регулятор співвідношення, який би регулював витрату суспензії з сировиною Б у залежності від змін витрати сировини А .

4). Регулювальний клапан на трубопроводі потоку суспензії з сировиною Б повинен забезпечувати регулювання витрати від мінімального значення 1,0 кг/сек до максимального значення у 1,3 кг/сек.

5). У контурі контролю температури потоку сировини А потрібно передбачити використання на пульті керування технологічної сигналізації до змін температури. Технологічну сигналізацію потрібно налаштувати на мінімальне значення t_A у 285 град, К та до максимального значення у 330 град, К.

6). У контурі контролю температури потоку суспензії з сировиною Б потрібно передбачити використання на пульті керування технологічної сигналізації до змін температури. Технологічну сигналізацію потрібно налаштувати на мінімальне значення t_B у 285 град, К та до максимального значення у 330 град, К.

7). Регулювальний клапан на трубопроводі потоку холодної води у трубчастий теплообмінник повинен забезпечувати регулювання витрати від мінімального значення у 2,0 кг/сек до максимального значення у 4,0 кг/сек.

8). Дані статичної характеристики $t_C = f_{2B}(t_{B1})$ показують, що у контурі контролю температури холодної води на вході у трубчастий теплообмінник хімічного реактора потрібна на пульті керування технологічна сигналізація температури з такими налаштуваннями: мінімальне значення температури для сигналізації у 280 град, К; максимальне значення температури для сигналізації у 300 град, К.

3. ПРАВИЛА РОЗРОБКИ І ПОБУДОВИ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ З ХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1. Загальні вимоги стандартів до побудови креслення схеми автоматизації технологічного процесу

Креслення схеми автоматизації технологічного процесу виконується на аркушах стандартного формату А1, А2 та А3. На цих форматних аркушах стандартами передбачені вимоги до місця розміщення графічних елементів з технологічної схеми процесу і до графічних позначень: первинних вимірювальних перетворювачів, приладів, регуляторів, елементів сигналізації та інших засобів на схемі автоматизації технологічного процесу (рис. 3-1).

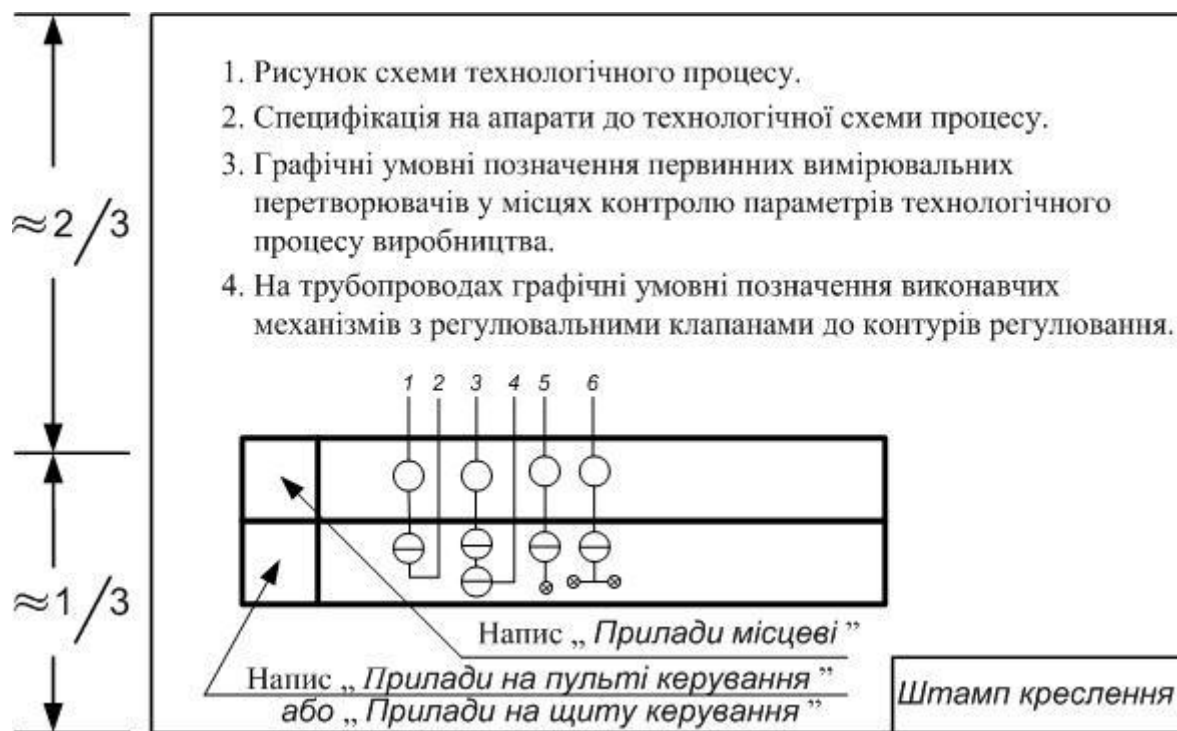


Рис. 3-1. Загальне розташування графічних зображень на полях креслення схеми автоматизації технологічного процесу.

На схемах автоматизації технологічного процесу зверху на умовному полі у $2/3$ від вертикального розміру форматного аркушу креслення схеми розташовується місце для розміщення графічних зображень, які вказані на рис. 2-1. На полі у $1/3$ знизу форматного аркушу розміщуються штамп креслення і зображення з двома прямокутниками, на яких показуються графічні умовні позначення до приладів розташованих по місцю встановлення і позначення до приладів, регуляторів, перетворювачів сигналів та інших технічних засобів, встановлених на пульті керування.

Для зображення схеми технологічного процесу треба витримувати співвідношення товщини ліній у зображеннях трубопроводів і апаратів. Лінії у

рисунка апаратів повинні бути товщиною у 2 тл. (тл. це товщина вибраної лінії у графічному редакторі), а у зображеннях ліній технологічних трубопроводів – товщиною у 3 тл. . Кожна лінія у зображенні технологічного трубопроводу на вході у апарат повинна закінчуватись стрілкою у вигляді трикутника. Стрілка на лінії трубопроводу повинна мати відповідні розміри і формат в залежності від властивостей сировини та стану потоку в трубопроводі. У таблиці 3.1 показані вимоги до стрілок на лініях у зображеннях трубопроводів і до умовних числових позначень ліній трубопроводів з технологічними потоками. У таблиці 3.2 показані умовні числові позначення до ліній трубопроводів з технологічними потоками інертних, горючих газів та вибухонебезпечних газів.

Графічні умовні позначення первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків) на полі у 2/3 форматного аркушу рисуються товщиною у 2 тл. і з такою ж товщиною ліній рисуються умовні графічні зображення виконавчих механізмів разом з регулюючими клапанами на трубопроводах.

На полі у 1/3 форматного аркушу верхній прямокутник рисується для розташування умовних позначень приладів і технічних засобів, які встановлені біля технологічних трубопроводів і апаратів (по місцю монтажу). Графічні позначення для місцевих приладів і технічних засобів рисуються у прямокутнику з назвою «Прилади місцеві» і його мінімально допустима висота дорівнює 50 мм. , а більша висота прямокутника не має обмеження.

Другій прямокутник на полі у 1/3 форматного аркушу використовується для зображень графічних умовних позначень: приладів, регуляторів, блоків ручного управління, елементів сигналізації та інших технічних засобів автоматизації, які встановлюються на панелі пульта керування або на щиту керування.

Цей прямокутник повинен мати назву «Прилади на пульті керування» або «Прилади на щиту керування» і також мінімальний розмір по висоті дорівнює 50 мм. , а більша висота прямокутника не має обмеження.

Таблиця 3.1. Формати стрілок на зображеннях технологічних трубопроводів

№ п/п	Формат стрілки на позначенні лінії технологічного трубопроводу	Властивості потоку у технологічному трубопроводі	Розміри відповідно до стандартів
1		Потік у трубопроводі, як газ або пара, наприклад, газові залишки та ін..	
2		Потік у трубопроводі, як суцільна рідина, наприклад, вода, кислота, луг та ін..	
3		Потік у трубопроводі, як суміш рідини і газу, наприклад, суспензія, газ з конденсатом та ін..	
4		Трубопровід з потоком води	
5		Трубопровід з потоком пари	
6		Трубопровід з потоком повітря	
7		Трубопровід з потоком азоту	
8		Трубопровід з потоком кисню	

Таблиця 3.2. Умовні цифрові позначення до технологічних трубопроводів

Назва технологічного потоку в трубопроводі	Умовне цифрове позначення до лінії трубопроводу на схемах автоматизації
<u>Інертні гази:</u>	
Аргон	6
Неон	7

Гелій	8
Криптон	9
Ксенон	10
Аміак	11
<u>Потік рідини:</u>	
Кислота	12
Луг	13
Мастило	14
Рідке паливо	15
<u>Горючі та вибухонебезпечні гази:</u>	
Водень	16
Ацетилен	17
Фреон	18
Етан	19
Метан	20
Етилен	21
Пропан	22
Пропілен	23
Бутан	24
Бутилен	25

На кресленні схеми автоматизації технологічного процесу лінії сигналів між: первинними вимірювальними перетворювачами і приладами; регуляторами і виконавчими механізмами; елементами сигналізації та іншими технічними засобами автоматизації рисуються товщиною у 1 тл. . Лінії сигналів на кресленні схеми автоматизації можна рисувати такими методами:

- **методом безперервної лінії зв'язку** між приладами схеми, тобто лінія сигналу починається від графічного позначення первинного вимірювального перетворювача (датчика) і рисується безперервною лінією до наступного приладу і до регулятора, а також від регулятора до графічно-

го позначення виконавчого механізму регулювального клапану. Такий метод рисування ліній сигналів можна використовувати на схемах з автоматизації, у яких мало технологічних трубопроводів і апаратів;

- методом адресної лінії зв'язку між графічними позначеннями первинного вимірювального перетворювача (датчика) на полі 2/3 креслення і графічними позначеннями технічних засобів автоматизації, які розташовуються на полі 1/3 у прямокутниках: «Прилади місцеві» і «Прилади на пульті керування». По даному методу лінія сигналу (1 тл.) від графічного позначення первинного вимірювального перетворювача (датчика) рисується довжиною у 15-20 мм., а потім закінчується і позначається умовним цифровим адресом, з якого починається лінія сигналу далі до технічних засобів, зображених на полі 1/3, на вході прямокутника «Прилади місцеві» та на виході з прямокутника «Прилади місцеві» до зображення виконавчого механізму регулювального клапану. Лінія сигналу на виході від прямокутника «Прилади місцеві» рисується довжиною 15-20 мм. та позначається збільшеним на одиницю цифровим адресом і далі з цього адресу на полі 2/3 рисується лінія сигналу (1 тл.) довжиною 15-20 мм. до графічного позначення виконавчого механізму регулювального клапану на технологічному трубопроводі. Адреси ліній сигналів біля прямокутника «Прилади місцеві» повинні розташовуватись у порядку зростання. Метод адресної лінії зв'язку між графічними позначеннями технічних засобів на схемах автоматизації використовується, коли схема процесу має багато трубопроводів і технологічних апаратів.

На кресленні схеми автоматизації шрифти до написів функцій приладів, регуляторів та інших технічних засобів автоматизації повинні бути одного розміру і формату.

Схема автоматизації технологічного процесу до контрольної роботи на першу атестацію знань повинна мати графічний штамп креслення з номером, заповненим у форматі, відповідно до рис. 3-2.

					ККХТП.РГР.УУ-ХХ.####.0001.Сх Ав			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Схема автоматизації технологічного процесу	Літера	Маса	Масштаб
<i>Розробив</i>	<i>П.І.Б. студента</i>							
<i>Перевірив</i>	<i>П.І.Б. викладача</i>							
						Аркуш	Аркушів	
<i>Н. контр.</i>					Назва хімічного виробництва	НТУУ «КПІ» ХТФ гр. УУ-ХХ		
<i>Затверд.</i>	<i>П.І.Б. викладача</i>							

ККХТП.РГР.УУ-ХХ.####.0001.Сх.Ав

				Схема автоматизації	
				Порядковий номер креслення	
			Номер залікової книжки		
		Шифр навчальної групи			
	Розрахунково-графічна робота				
<i>Навчальний курс "Контроль та керування хіміко-технологічними процесами "</i>					

Рис. 3-2. Штмп і формат заповнення номера креслення до схеми автоматизації технологічного процесу.


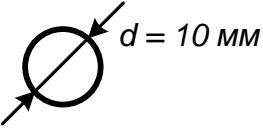

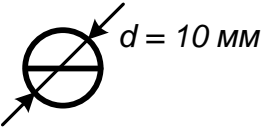

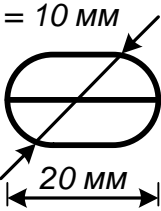
Креслення на аркушу формату А1 або А2 до схеми автоматизації технологічного процесу з хімічного виробництва потрібно виконувати на комп'ютері у програмі графічного редактора з дотриманням вимог, наведених на рис. 3-1 та у таблиці 3.1 .

3.2. Правила позначення первинних вимірювальних перетворювачів, приладів, регуляторів, виконавчих механізмів та регулювальних клапанів на схемах автоматизації технологічного процесу

На кресленні схеми автоматизації технологічного процесу рисуються контури: контролю і регулювання; дистанційного управління; технологічної сигналізації; аварійного захисту та технологічних блокувань [1]. В усіх цих контурах показуються графічні умовні позначення на технічні засоби автома-

тизації, які використовуються у контурах, зображених на схемі. Графічні умовні позначення технічних засобів автоматизації у контурах схеми відповідно до вимог стандартів повинні мати задані розміри і товщину ліній: лініями у 1 тл. рисуються лінії (ланцюги) передачі сигналів між технічними засобами; лініями у 2 тл. рисуються графічні умовні позначення технічних засобів, зображення яких наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Графічні умовні позначення для технічних засобів автоматизації

N п/п	Графічні умовні позначення технічних засобів автоматизації	Призначення графічного умовного позначення	Розміри графічного умовного позначення
1	2	3	4
1		Використовується для технічних засобів автоматизації, які встановлюються біля трубопроводів та апаратів (по місцю)	
2		Використовується для технічних засобів автоматизації, які встановлюються на панелі пульту або щита керування.	
3		Використовується для багатофункціональних технічних засобів автоматизації, які встановлюються на панелі пульту або щита керування.	

Продовження табл. 3.3.

1	2	3	4
4		Загальне позначення виконавчого механізму, до якого подається вихідний сигнал автоматичного регулятора	
5		Позначення виконавчого механізму з нормальним відкриттям клапану, який повністю відкриває трубопровід при аварії або відсутності сигналу від автоматичного регулятора	
6		Позначення виконавчого механізму з нормальним закриттям клапану, який повністю закриває трубопровід при аварії або відсутності сигналу від автоматичного регулятора	
7		Позначення виконавчого механізму з фіксованим положенням клапану, який частково закриває трубопровід при аварії або відсутності сигналу від автоматичного регулятора	
8		Позначення виконавчого механізму з ручним приводом для відкриття і закриття трубопроводу при аварії або відсутності сигналу від автоматичного регулятора	
9		Позначення клапану на лінії технологічного трубопроводу	
10		Позначення виконавчого механізму з клапаном на лінії технологічного трубопроводу (регулювальний клапан)	
11		Позначення сигнального елемента на схемах автоматизації (сигнальна лампочка або світлове табло)	

В умовних графічних позначеннях первинних вимірювальних перетворювачів, приладах, регуляторах, блоках ручного управління, електромагнітних реле, магнітних пускачах та інших засобах автоматизації при допомозі літерних символів вказуються функціональні признаки, які виконує технічний засіб в контурі контролю і регулювання технологічного параметру. Для позначення функціонального признаку в технічних засобах автоматизації стандартами передбачені: основна таблиця (3.4.) літерних позначень для графічних позначень приладів і регуляторів; додаткова таблиця (3.5.) літерних позначень, які використовуються разом з літерами (символами) з основної таблиці (3.4).

Таблиця 3.4. Основна таблиця літер для позначень функцій у графічних умовних позначеннях технічних засобів автоматизації

Позначення	Вимірювальний параметр		Функції, виконувані технічним засобом		
	Основне значення першої літери	Додаткове значення, яке уточнює першу літеру	Відображення інформації	Формування вихідного сигналу	Додаткове значення
1	2	3	4	5	6
A			Сигналізація		
B	Резервна літера і до неї потрібно вказати пояснення				
C				Регулювання, керування	
D	Густина	Різниця, перепад			
E	Електричний параметр будь-який				
F	Витрата	Співвідношення частка, дроб			
G	Розмір, зміщення, положення				
H	Ручний вплив				Верхня границя контролюємого параметру
I			Показання		
J		Автоматичне перемикання, оббігання			

Продовження табл. 3.4.

1	2	3	4	5	6
K	Час, часова програма				
L	Рівень				Нижня границя контролюємого параметру
M	Вологість				
N	Резервна літера і до неї потрібно вказати пояснення				
O	Резервна літера і до неї потрібно вказати пояснення				
P	Тиск, вакуум				
Q	Якість, склад, концентрація	Інтегрування, сумування			
R	Радіоактивність		Реєстрація		
S	Швидкість, частота			Вмикання, вимикання, перемикання	
T	Температура				
U	Декілька різних контрольованих параметрів				
V	В'язкість				
W	Маса				
Z	Резервна літера і до неї потрібно вказати пояснення				
X	Літера не рекомендована для використання				

Позначення функцій при допомозі літер у графічних позначеннях технічних засобів записуються і читаються по відповідним правилам, які передбачені вимогами стандартів. Умовне графічне позначення технічного засобу має два поля:

- зверху послідовно з ліва на право записується літера (символ) технологічного параметру з контрольованого процесу, а за ним вказуються літери до функцій, які виконуються технічним засобом;

- знизу вказується позиція технічного засобу на схемі автоматизації технологічного процесу і позиція технічного засобу складається з двох частин: ліва - вказує порядковий номер контуру контролю або регулю-

вання на схемі автоматизації; права – вказує на послідовний номер технічного засобу в контурі контролю або регулювання.

Таблиця 3.5. Додаткова таблиця літер для позначень функцій у графічних умовних позначеннях технічних засобів автоматизації

Позначення функцій	Призначення літери
Е	Чутливий елемент первинного вимірювального перетворювача
Т	Дистанційне передавання сигналу до пульту керування
У	Перетворювач сигналів або виконується функція з обчислень
<i>Тип сигналу:</i>	
Е	<i>Електричний сигнал</i>
Р	<i>Пневматичний сигнал</i>
Г	<i>Гідравлічний сигнал</i>
<i>Вид сигналу:</i>	
А	<i>Аналоговий сигнал</i>
Д	<i>Дискретний сигнал</i>

На рис. 3-3 наведена блок-схема, яка показує структуру заповнення літер у графічному умовному позначенні технічного засобу автоматизації. В позначенні функцій приладу поз. 5-3 (рис. 3-3) літеру **Р** вибрано у табл. 3.4 з колонки «Основне значення першої літери», літеру **Д** – з колонки «Додаткове значення, яке уточнює першу літеру», літери **ІR** – з колонки «Відображення інформації», літера **С** – з колонки «Формування вихідного сигналу». Літера **Р** вказує назву контрольованого технологічного параметру, а усі інші літери уточнюють відповідні функції приладу до першої літери **Р**.

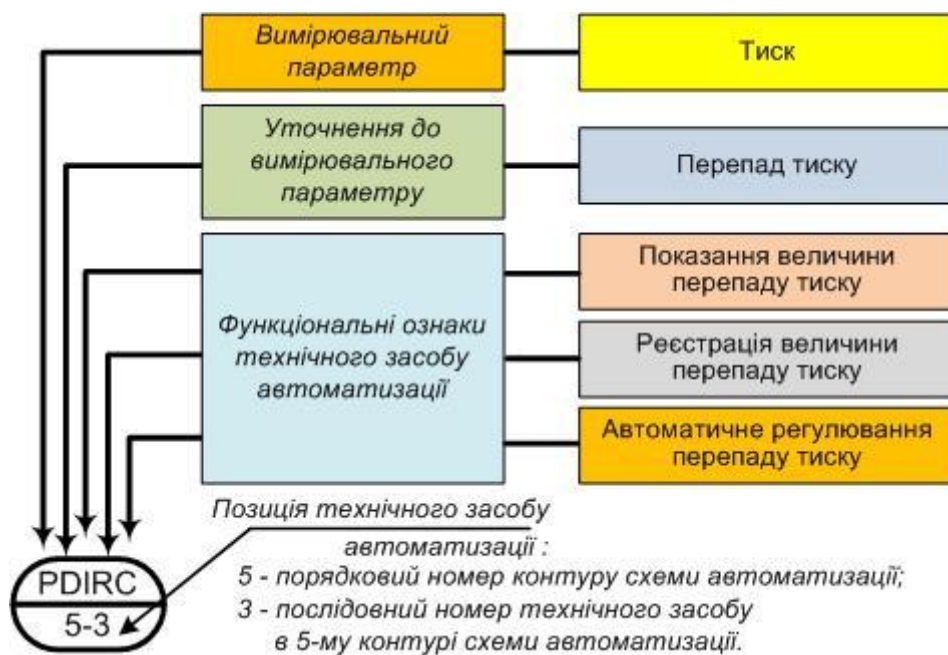


Рис. 3-3. Структура літер в позначенні функцій технічного засобу автоматизації.

4. ТИПОВІ СХЕМИ ДО КОНТУРІВ КОНТРОЛЮ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Схема автоматизації технологічного процесу представляє собою набір контурів контролю і регулювання параметрів процесів у апаратах, які входять до складу технологічної схеми хімічного виробництва [2]. Повну схему автоматизації до усіх апаратів зі схеми виробництва можна проектувати при допомозі типових функціональних схем з контролю, регулювання, сигналізації та дистанційного керування відповідно до ГОСТ 2.780, ГОСТ 2.780, ГОСТ 2.788, ГОСТ 2.789, ГОСТ 2.790 та ГОСТ 2.795, а комунікації технологічні відповідно до властивостей транспортованих у них середовищ – ГОСТ 14202 та ГОСТ 2.784. Типові схеми контурів контролю і регулювання до схеми автоматизації розглянемо для об'єкта автоматизації – хімічного реактора, в якому змішуються потік сировини А та потік суспензії сировини Б з нагріванням реакційної маси суміші перегрітим паром (рис.4-1).

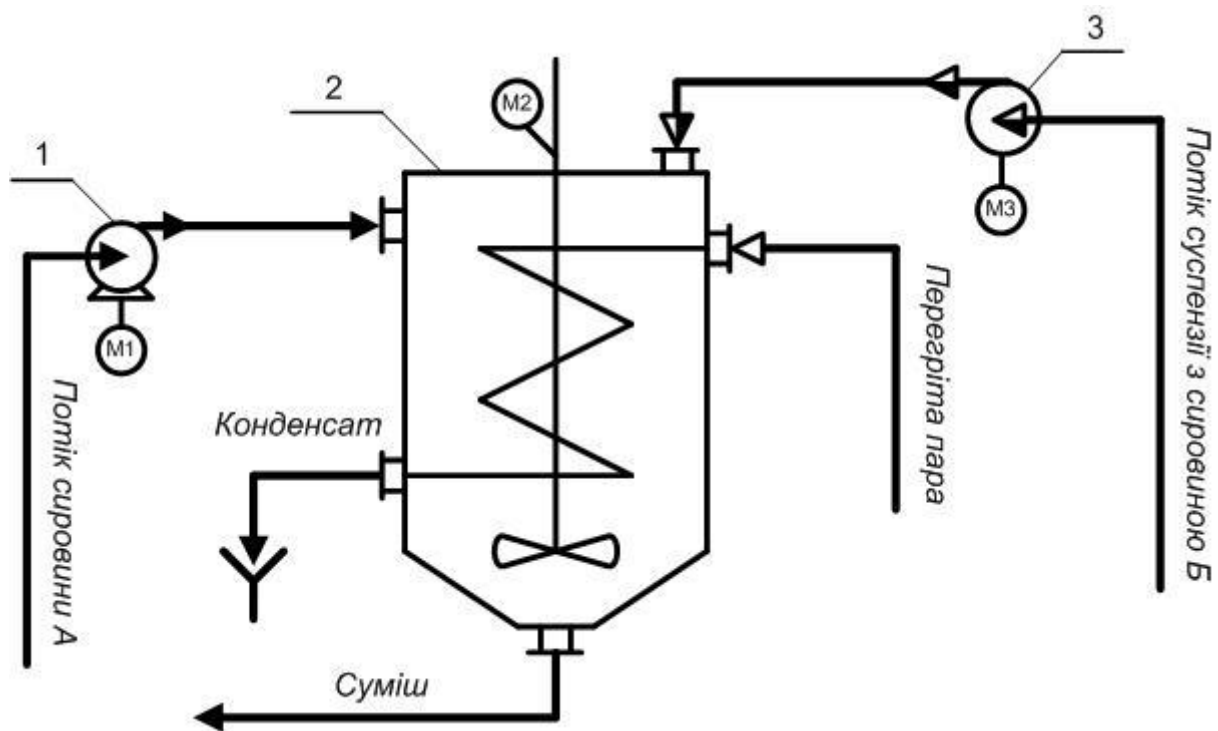


Рис. 4-1. Технологічна схема об'єкта автоматизації для побудови типових схем контурів контролю і регулювання: 1 – відцентровий насос сировини А; 2 – хімічний реактор з трубчастим теплообмінником; 3 – ротаційний насос сировини Б.

При змішуванні сировини А і сировини Б у хімічному реакторі виникає, наприклад, ендотермічна реакція і для підтримки даної реакції у трубчастий теплообмінник подається перегріта пара. Суміш з хімічного реактора подається далі у наступний технологічний апарат. На прикладі хімічного реактора з процесом змішування потоку сировини А і потоку суспензії сировини Б розглянемо основні правила використання графічних умовних позначень з таблиці 3.3. та літерних позначень наведених у таблицях 3.4. та 3.5. для позначення функцій у контурах контролю та регулювання технологічних параметрів процесу. Для хімічного реактора розглянемо різні типові схеми контурів контролю та регулювання і при допомозі цих схем можна будувати потрібні контури для схеми автоматизації технологічного процесу хімічного виробництва до контрольної роботи кредитного модуля «Електричні елементи систем автоматизації» курсу «Технічні засоби автоматизації».

Для електромоторів М1, М2 та М3 розглянемо типові схеми для системи дистанційного керування вмиканням і вимиканням живлення електричного обладнання технологічного процесу хімічного реактора.

4.1 Типова схема контурів контролю параметрів процесу по місцю встановлення технічних засобів

На рис. 4-2 показана типова схема з контурами контролю параметрів технологічного процесу по місцю: температури потоку сировини А; температури потоку суспензії з сировиною Б; величини рН потоку суміші на виході з реактору; величини тиску пари на вході у теплообмінник реактора. Схема рис. 4-2 виконана адресним методом. Контури з контролю температури потоку сировини А і потоку сировини Б складаються з таких технічних засобів:

- первинних вимірювальних перетворювачів технологічних параметрів (температура) у пропорційний фізичний сигнал показані у поз. 1-1 та поз. 4-1;

- прилади, які встановлені біля трубопроводів (по місцю), показують по шкалі значення температури потоку і вони вказані у поз. 1-2 та поз. 4-2.

Контроль величини рН суміші на виході з реактора (по місцю) забезпечується вимірювачем рН (поз. 2-1) і показується по шкалі приладу (поз. 2-2). В контурі контролю тиску перегрітої пари на вході у теплообмінник позначення РЕ не використовується тому, що чутливий елемент первинного вимірювального перетворювача тиску не є окремим технічним засобом контролю, а знаходиться у корпусі манометру, який встановлено на трубопроводі перегрітої пари (поз. 3-1). Технічні засоби автоматизації (показуючи прилади) с позиціями: (поз. 1-2), (поз. 2-2) і (поз. 4-2) при монтажу передбачено встановлювати біля трубопроводів і тому відповідно до правил побудови схеми автоматизації адресним методом вони показуються на полі прямокутника з назвою «Прилади місцеві». Технічні засоби, які встановлюються по місцю, можуть бути змонтованими у спеціальних герметичних шафах або на окремих панелях, розташованих біля технологічних апаратів. Наприклад, вимірювальні манометри для контролю тиску встановлюються прямо на технологічному трубопроводі.

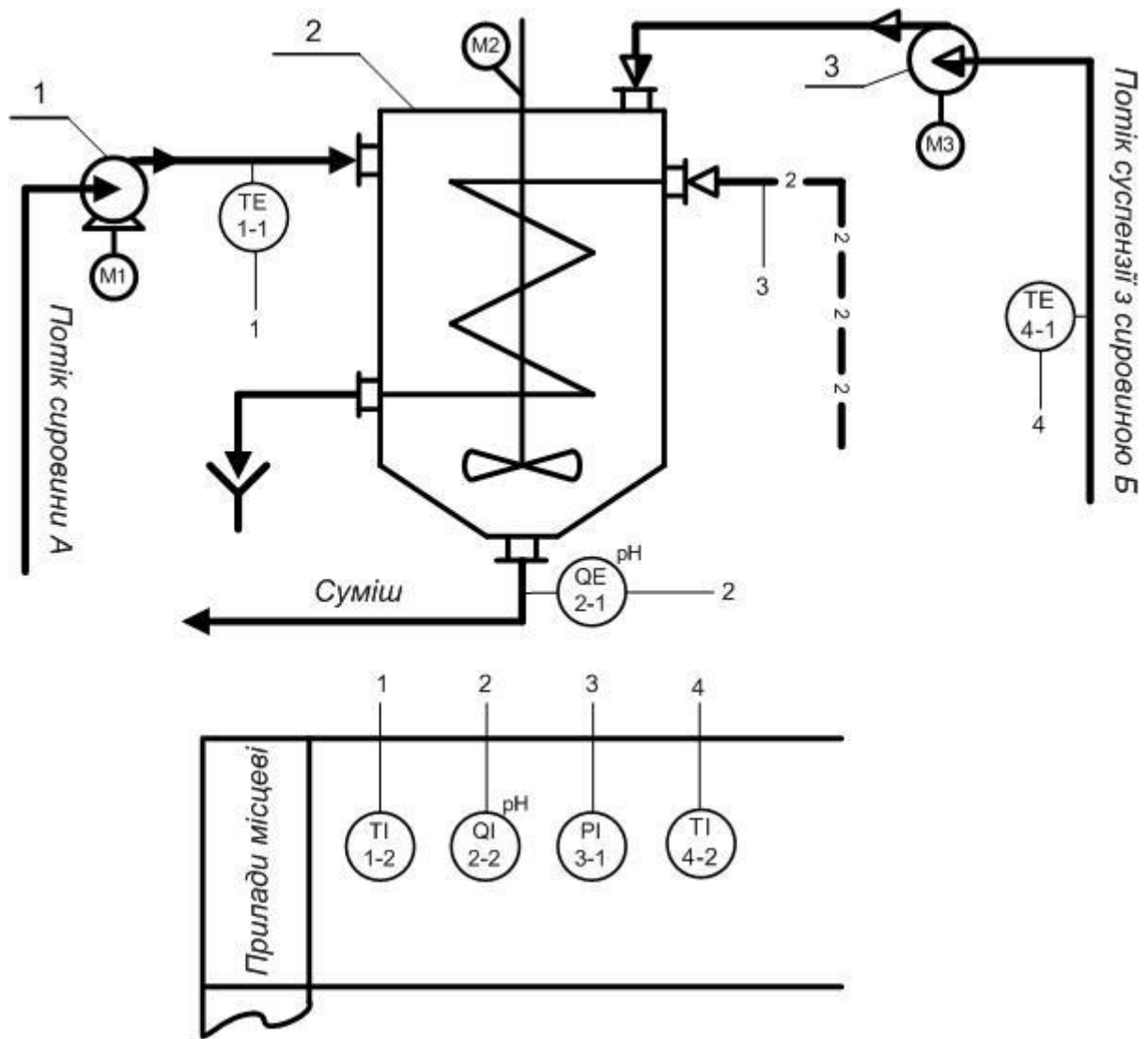


Рис. 4-2. Типова схема контурів контролю технічними засобами автоматизації, встановленими по місцю вимірювання параметрів технологічного процесу.

Адреси до вимірювальних сигналів 1, 2, 3 та 4 умовні і можуть бути задані первинним вимірювальним перетворювачам (датчикам) в іншому порядку, який визначає розробник схеми автоматизації технологічного процесу.

4.2 Типова схема контурів контролю параметрів процесу при встановленні технічних засобів на пульті керування

При автоматизації технологічних процесів хімічного виробництва пульт керування (щит керування) встановлюється в окремому виробничому приміщенні з назвою «операторська», яке розташовується на відстані у сотні метрів від обладнання технологічного процесу. Для передачі сигналів від первинних

вимірювальних перетворювачів на відстань встановлюються додаткові пристрої, які слабкий сигнал вимірювача нормалізують до величини стандартного сигналу і забезпечують дистанційну передачу сигналу про значення параметру на пульт керування (щит керування). В операторському приміщенні знаходиться і технологічний робочий персонал, який веде спостереження за технологічним процесом і за роботою технічних засобів контролю і регулювання. На рис. 4-3 показана типова схема контурів контролю технологічних параметрів на пульті керування і схема також виконана по адресному методу.

Відмінність типової схеми рис. 4-3 від рис. 4-2 у тім, що графічні умовні позначення приладів, які забезпечують показ значень контрольованих параметрів (поз. 1-3), (поз. 2-3), (поз. 3-3), (поз. 4-3), (поз. 5-2), (поз. 6-3) та (поз.7-3) вказуються на полі прямокутнику з назвою «Прилади на пульті керування» і також позначення цих приладів на кружечку ($d = 10\text{мм}$) мають горизонтальну лінію. Лінія горизонтальна на позначенні технічного засобу вказує, що прилад встановлено на панелі пульта керування або на панелі щита керування.

Графічні умовні позначення первинних вимірювальних перетворювачів витрати потоку (поз. 1-1) та (поз. 6-1) показані у розрізі зображення лінії технологічного трубопроводу. Таке зображення графічного позначення FE обумовлено правилами монтажу витратоміру між фланцями на трубопроводі, з закріпленням з'єднувальними болтами (дивись рис. 5-27). Графічне умовне позначення TE (поз. 2-1), (поз. 3-1) та (поз. 7-1) рисуються близько до лінії технологічного трубопроводу тому, що вимірювач температури закріплюється при допомозі штуцера, який з'єднується зваркою до трубопроводу. Технічні засоби з позначеннями FT (поз. 1-2), TT (поз. 2-2), QT (поз. 4-2), PT (поз. 5-1) та інші використовуються для формування стандартного сигналу відповідно до значення контрольованого параметру, який можна передавати на відстань до пульта керування.

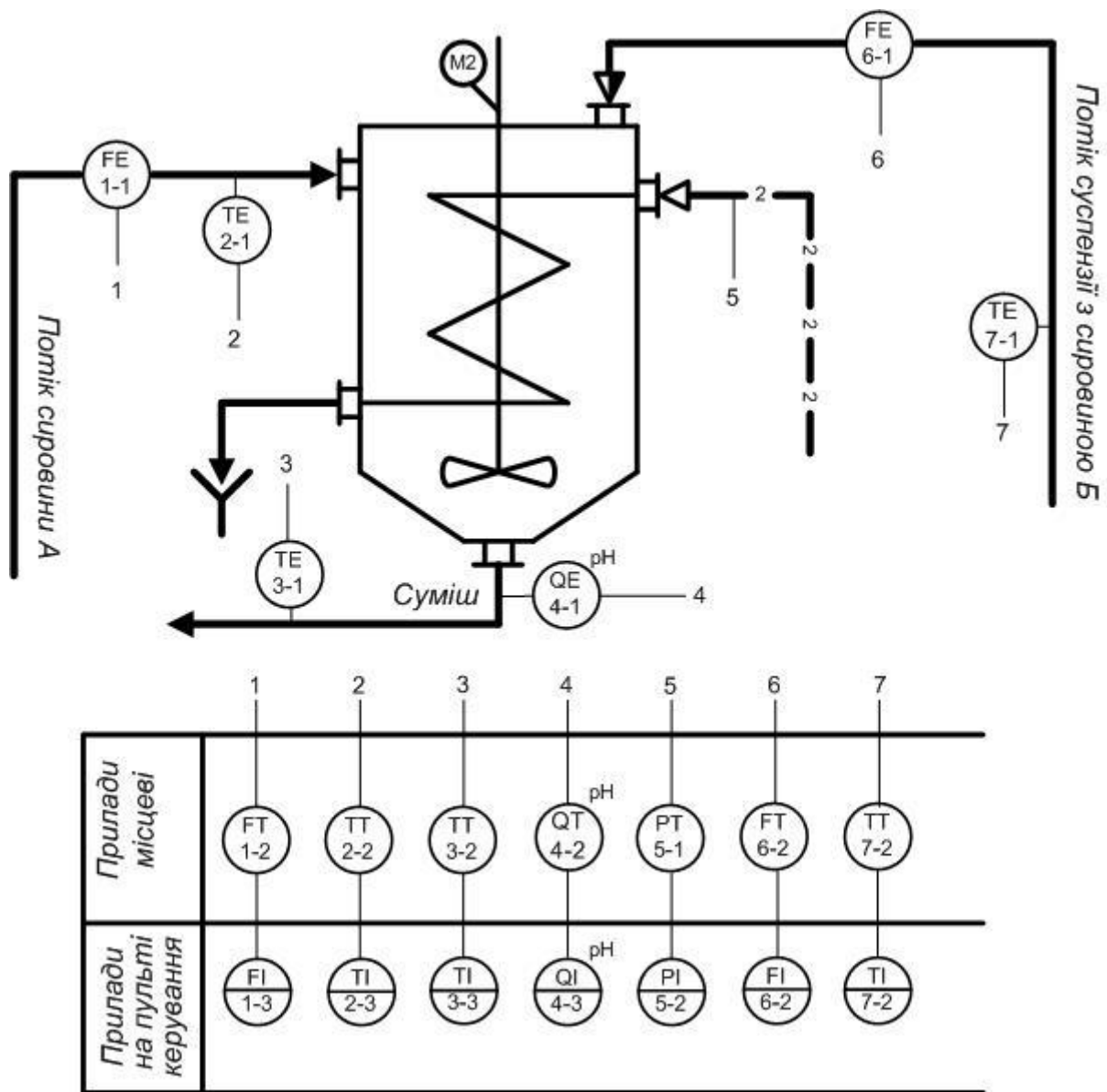


Рис. 4-3. Типова схема контурів контролю параметрів технологічного процесу технічними засобами автоматизації, встановленими на пульті керування.

4.3 Типова схема контурів контролю параметрів процесу з технологічною сигналізацією на пульті керування

У процесах хімічних виробництв деякі технологічні параметри контролюються у допустимому інтервалі зміни. Таки контури контролю параметрів мають технологічну сигналізацію, яка при допомозі елементів сигналізації (сигнальні лампочки або світлові табло) попереджають технологічний персонал о відхиленні параметрів за допустиме мінімальне значення або за допустиме максимальне значення, що дозволяє оцінювати ситуацію по веденню процесу в апараті. На рис. 4-4 температура (поз. 2-1) на виході хімічного реа-

ктора забезпечується регулюванням за рахунок зміни витрати пари у теплообмінник. Потоки сировини А і сировини Б подаються з інших стадій виробництва і тому за температурами (поз. 1-1) та (поз. 3-1) ведеться спостереження контурами контролю з технологічною сигналізацією.

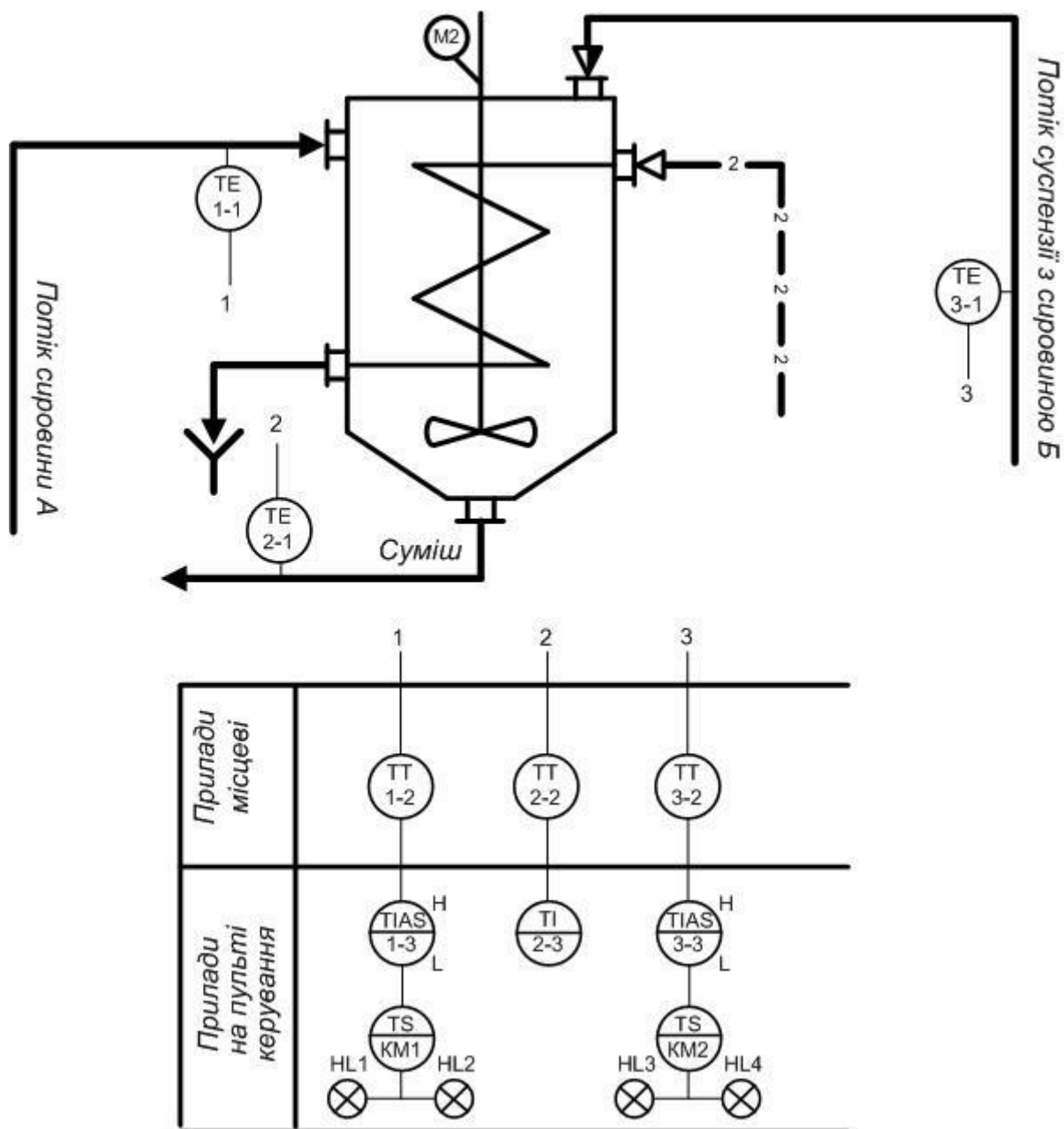


Рис. 4-4. Типова схема контурів контролю параметрів процесу з технологічною сигналізацією на пульті керування.

Для температур (поз. 1-1) та (поз. 3-1) контроль відхилення за максимальне значення вказано символом Н , а за мінімальне – символом L і вони на-

лаштовуються у приладах (поз. 1-3) і (поз. 3-3). У графічному умовному позначенні приладів (поз. 1-3) та (поз. 3-3) вказано символ **A**, який показує сигналізацію на панелі приладу, а символ **S** вказує про включення при допомозі електромагнітних реле (поз. КМ1) та (поз. КМ2) додаткових сигнальних елементів **HL1** і **HL2** та відповідно **HL3** і **HL4**. Сигнальні елементи **HL1**, **HL3** білого або жовтого кольору вмикаються, коли температури (поз. 1-1) і (поз. 3-1) відхиляються за мінімальне значення, а **HL2**, **HL4** червоного кольору – при відхиленні температур за максимальне значення.

4.4 Типова схема контурів регулювання параметрів технологічного процесу

У контурах регулювання технологічних параметрів потрібно на пульті керування вказувати графічне позначення автоматичного регулятора з вихідним сигналом на регулювальний клапан, встановлений на технологічному трубопроводі. На рис. 4-5 показано типову схему з контурами регулювання витрати сировини **A** і температури суміші на виході хімічного реактора.

Контур регулювання витрати сировини **A** на вході у хімічний реактор потрібен, щоби автоматичний регулятор витрати забезпечував задане навантаження на апарат (хімічний реактор) [3]. При зміні у регулятора (поз. 1-3) завдання для витрати сировини **A** на мінімальну витрату технологічний процес в апараті буде проходити з мінімальною продуктивністю, а при завданні на максимальну витрату сировини **A** регулятор (поз. 1-3) буде забезпечувати максимальну продуктивність процесу. На регулювальний клапан (поз. 1-4) подається вихідний сигнал регулятора (поз. 1-3) для впливу на виконавчий механізм, який змінює положення клапану для проходження потрібної витрати сировини **A** у трубопроводі на вході у хімічний реактор.

Вихідний сигнал від автоматичного регулятора температури (поз. 2-3) подається на регулювальний клапан (поз. 2-4), встановлений на трубопроводі пари. Регулювальний клапан на трубопроводі пари змінює витрату пари у те-

плообмінник реактора, що впливає на процес теплообміну між масою суміші у реакторі та трубкою теплообмінника.

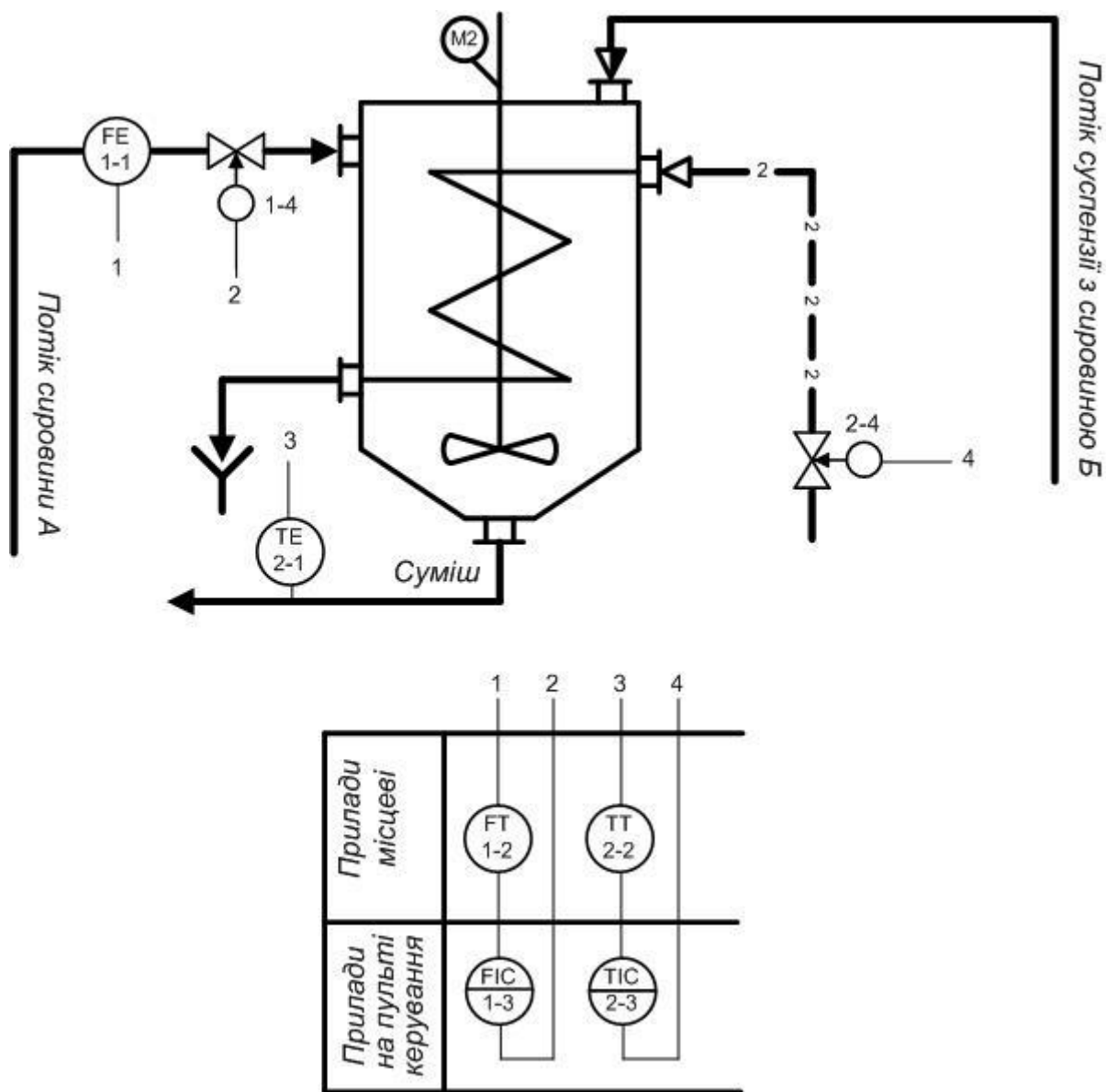


Рис. 4-5. Типова схема контурів регулювання параметрів технологічного процесу.

4.5 Типова схема контурів регулювання параметрів технологічного процесу з використанням перетворювачів до сигналів між приладами

В схемах автоматизації технологічних процесів контури регулювання можна будувати на електричних та пневматичних сигналах між технічними засобами автоматизації. Пневматичні виконавчі механізми регулювальних клапанів мають більш просту конструкцію і менший час (інерційність) на виконання величини зміни сигналу від регулятора. Електричні виконавчі меха-

нізми регулювальних клапанів у конструкції мають електромотор і тому потрібно більше часу на виконання величини зміни витрати по сигналу від автоматичного регулятора.

Для узгодження типів сигналів між технічними засобами у контурах контролю і регулювання технологічних параметрів використовуються перетворювачі сигналів, які вхідний стандартний сигнал перетворюють у стандартний сигнал іншого типу (електричний у пневматичний або пневматичний у електричний). На рис. 4-6 показані перетворювачі електричного вхідного сигналу у пневматичний вихідний сигнал (Е/Р).

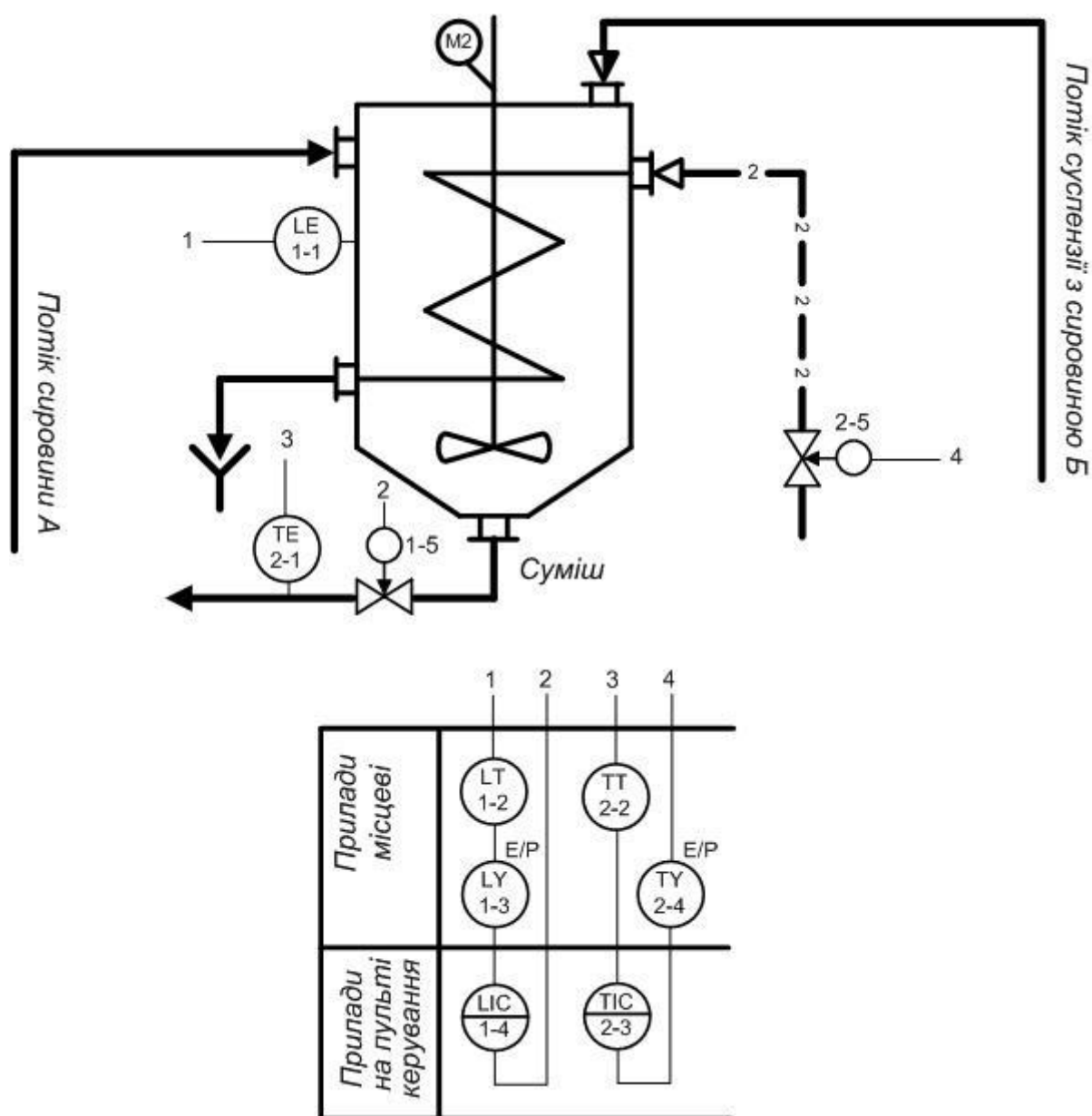


Рис. 4-6. Типова схема контурів регулювання параметрів технологічного процесу з використанням перетворювачів до сигналів між технічними засобами.

У контурі регулювання рівня технічні засоби (поз. 1-1) та (поз. 1-2) використовуються стандартний електричний сигнал, а автоматичний регулятор рівня і регулювальний клапан – пневматичний стандартний сигнал. Технічні засоби (поз. 2-1), (поз. 2-2) та автоматичний регулятор температури (поз.2-3) використовують стандартні електричні сигнали і тільки на регулювальний клапан подається пневматичний стандартний сигнал, який пропорційно змінюється відповідно до значення електричного вихідного сигналу регулятора.

4.6 Типова схема контурів регулювання співвідношення технологічних параметрів процесу в апараті

На хімічних виробництвах технологічні процеси проводяться відповідно до вимог технологічного регламенту і для більшості хімічних процесів кількість різних видів сировини подається у апарат у необхідному співвідношенні, щоб хімічна реакція проходила у заданому напрямку. В апаратах з ректифікації сумішей, наприклад, для процесу потрібно забезпечувати задане співвідношення температур і тисків по висоті колони.

При зміні продуктивності технологічного апарату за рахунок збільшення або зменшення навантаження процесу контур регулювання співвідношення автоматично забезпечує необхідну подачу сировини у технологічний апарат.

На рис. 4-7 регулятор витрати (поз. 1-3) відповідно до завдання забезпечує потрібну витрату сировини А на вході у реактор і також сигнал з витрати подається на вхід регулятора співвідношення витрат (поз. 2-3). Завдання до витрати сировини А встановлюється відповідно до потрібної продуктивності процесу (мінімальна продуктивність, робоча або максимальна), а витрата сировини Б на вході у реактор залежить від потоку сировини А. Регулятор (поз. 2-3) змінює (налаштовує) витрату сировини Б в залежності від зміни витрати сировини А. Витрата сировини Б залежить від витрати сировини А відповідно до вимог технологічного регламенту на співвідношення витрат сировини у технологічний процес. Якість суміші на виході реактора визначається значен-

ням рН, яка залежить від витрат та концентрацій сировини А і сировини Б на вході у хімічний реактор. У часі при коливаннях концентрацій значення співвідношення витрат сировини А і суспензії Б відповідно повинні корегуватися у регуляторі (поз. 2-3). Для автоматичного корегування завдання (співвідношення витрат) регулятора (поз. 2-3) подається від приладу (поз. 3-3) сигнал зі значення рН суміші.

В умовному графічному позначенні регулятора (поз. 2-3) літери FF вказують, що технічний засіб виконує регулювання співвідношення витрат.

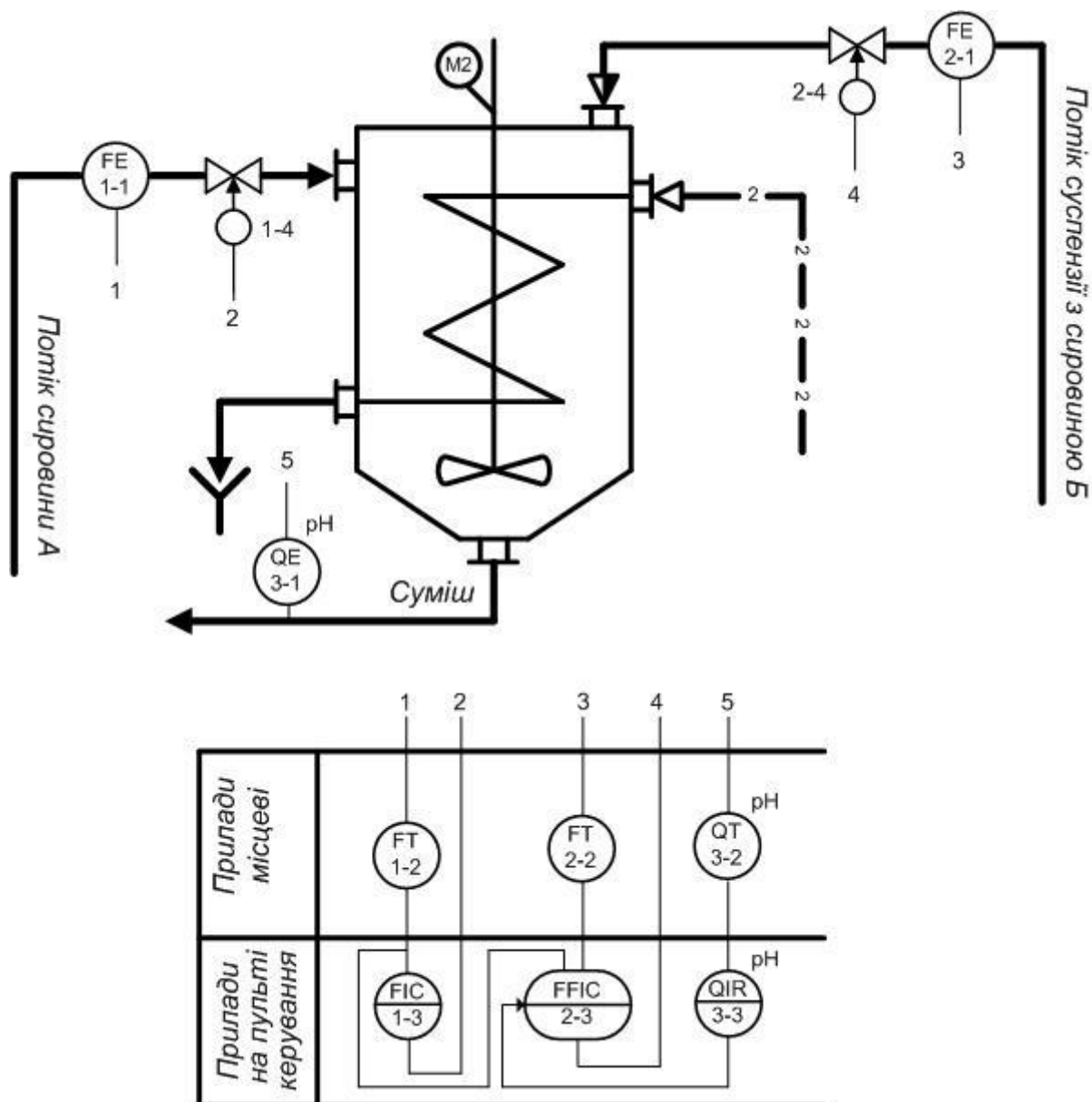


Рис. 4-7. Типова схема контурів регулювання співвідношення параметрів технологічного процесу.

4.7 Типова схема контурів регулювання з використанням блоків для ручного управління

На рис. 4-8 показана типова схема контурів регулювання з блоками для ручного управління регулювальними клапанами. При експлуатації технологічних апаратів у хімічних виробництвах мають місце такі режими ведення процесів: робочий режим; режим пуску, режим зупинки процесу; режим аварійної ситуації. У контурах регулювання автоматичні регулятори завжди налаштовані на експлуатацію у робочому режимі роботи обладнання технологічного процесу.

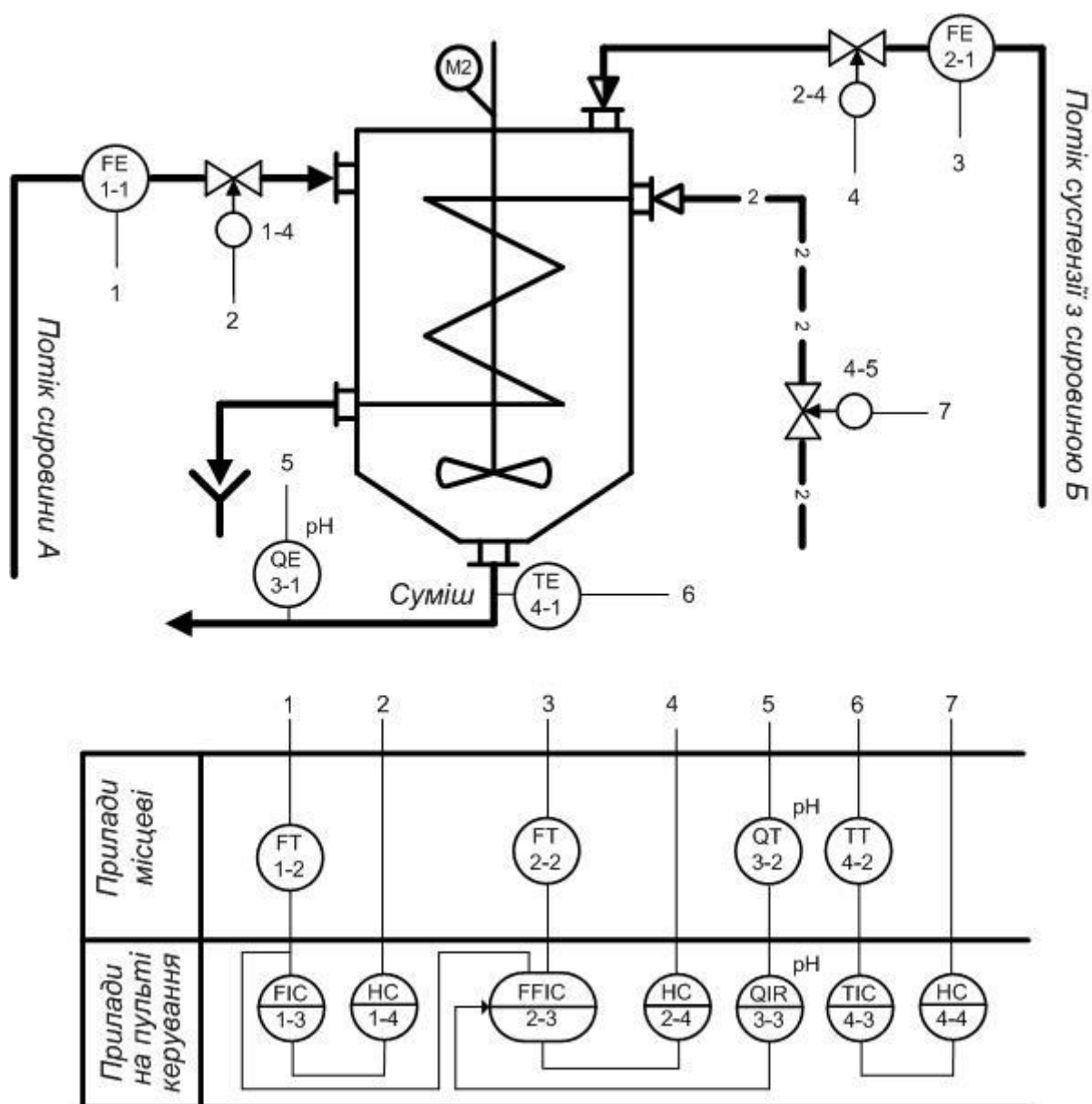


Рис. 4-8. Типова схема контурів регулювання з блоками для ручного управління регулювальними клапанами.

У режимах пуску процесу, зупинки та аварійної ситуації виникає необхідність відключити сигнал автоматичного регулятора від регулювального клапану і потім вручну керувати роботою клапану на трубопроводі відповідно до текучої ситуації в технологічному апараті або відповідно до схеми дій персоналу, передбачених по технологічному регламенту. Блоки ручного управління (поз. 1-4), (поз. 2-4) та (поз. 4-4) можуть працювати у двох режимах:

- у автоматичному режимі управління, коли технологічний процес виведено на режим робочої продуктивності і сигнали від регуляторів подаються до виконавчих механізмів регулювальних клапанів;

- у ручному режимі управління, коли у технологічному процесі виникає аварійна ситуація або запуск процесу чи зупинка і при таких режимах блок ручного управління забезпечує відключення сигналу регулятора від регулювального клапану, а на виконавчий механізм клапану подається з панелі блоку управління сигнал, змінюваний вручну технологічним персоналом робочої зміни.

Блоки ручного управління встановлюються біля автоматичних регуляторів на панелі керування або щиту керування, щоб була можливість швидко перейти на ручне управління роботою регулювального клапану. На графічних позначеннях технічних засобів (поз. 1-4), (поз. 2-4) та (поз. 4-4) літерні позначення функцій НС вказують наступне: Н – ручний вплив на формування вихідного сигналу; С – управління вхідним сигналом виконавчого механізму регулювального клапану.

4.8 Типова схема контурів регулювання з контролем положення виконавчого механізму регулювального клапану

У технологічних процесах на хімічних виробництвах використовуються потоки сировини, які мають високу здатність до забруднення, налипання і адгезії на поверхнях клапану, що зменшує прохідний отвір трубопроводу. При таких властивостях хімічної сировини потрібно проектувати контури ре-

гулювання з контролем відсотків відкриття отвору трубопроводу. На рис. 4-9 показано типову схему контурів регулювання з контролем відсотків відкриття регульовальними клапанами отвору в технологічному трубопроводі з потоком сировини А, потоком сировини Б та потоком пари.

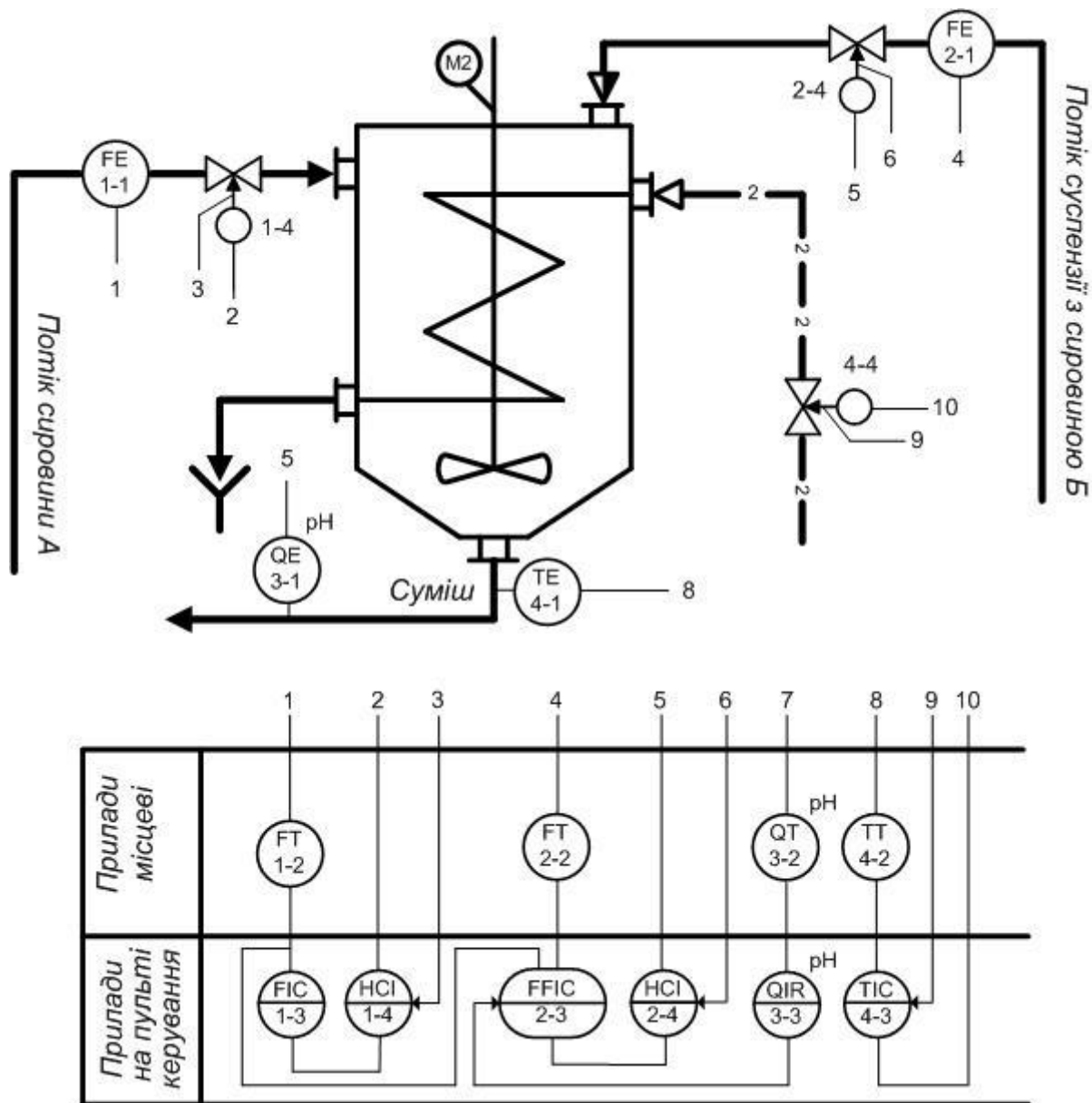


Рис. 4-9. Типова схема контурів регулювання з блоками для ручного управління і контролем відсотків відкриття трубопроводів регульовальними клапанами.

Зворотній сигнал про положення виконавчого механізму і клапану можна подавати для показів на відсоткову шкалу блока ручного управління (HCI) і на автоматичні регулятори, якщо у конструкції передбачено отримання зворотного сигналу від регульовального клапану. На регульовальному клапані (поз. 1-4) зворотній сигнал з відсотків відкриття трубопроводу подається

по адресу 3 на блок ручного управління (поз. 1-4), а від клапану (поз. 4-4) сигнал подається з 9 адресу безпосереднє у регулятор (поз. 4-3).

4.9 Типова схема контурів контролю і регулювання параметрів процесу з підключенням технічних засобів по інтерфейсу RS-485 у сітку керуючого комп'ютера

Сучасні мікропроцесорні технічні засоби автоматизації технологічних процесів мають функцію з підключення до керуючого комп'ютера по інтерфейсу обміну даних RS-485. *Інтерфейс* – це стандартизоване середовище або спосіб обміну інформацією між двома або більшою кількості обладнання: приладами, контролерами, персональними комп'ютерами. Інтерфейси інформаційного обміну між приладами, яки використовуються у системах автоматизації хімічних виробництв, можуть бути двох типів:

- «точка-точка» тобто, для з'єднання двох приладів між собою;
- мультіприладний, для забезпечення під'єднання більше двох приладів на одну лінію передачі даних.

Дані про значення технологічних параметрів у комп'ютер передаються по бітам у вигляді двох байтів відповідно до протоколу ModBus ASCII. *Протокол* – це стандартизований набір правил з передачі інформації по будь якому інтерфейсу. Усі прилади, яки використовуються для інформаційного обміну даних, повинні мати однакові і відповідні інтерфейси та розуміти відповідний протокол обміну. У сучасних системах автоматизації технологічних процесів найбільше використовується комп'ютерна сітка на основі інтерфейсу відповідно до стандарту EIA RS-485. Даний інтерфейс має велику швидкість обміну даних (115200 bps, bit per second – біт у секунду) при лінії зв'язку до 1200 метрів до керуючого комп'ютера.

На рис. 4-10 показані контури контролю і регулювання, у яких технічні засоби автоматизації підключені у комп'ютерну сітку по інтерфейсу RS-485.

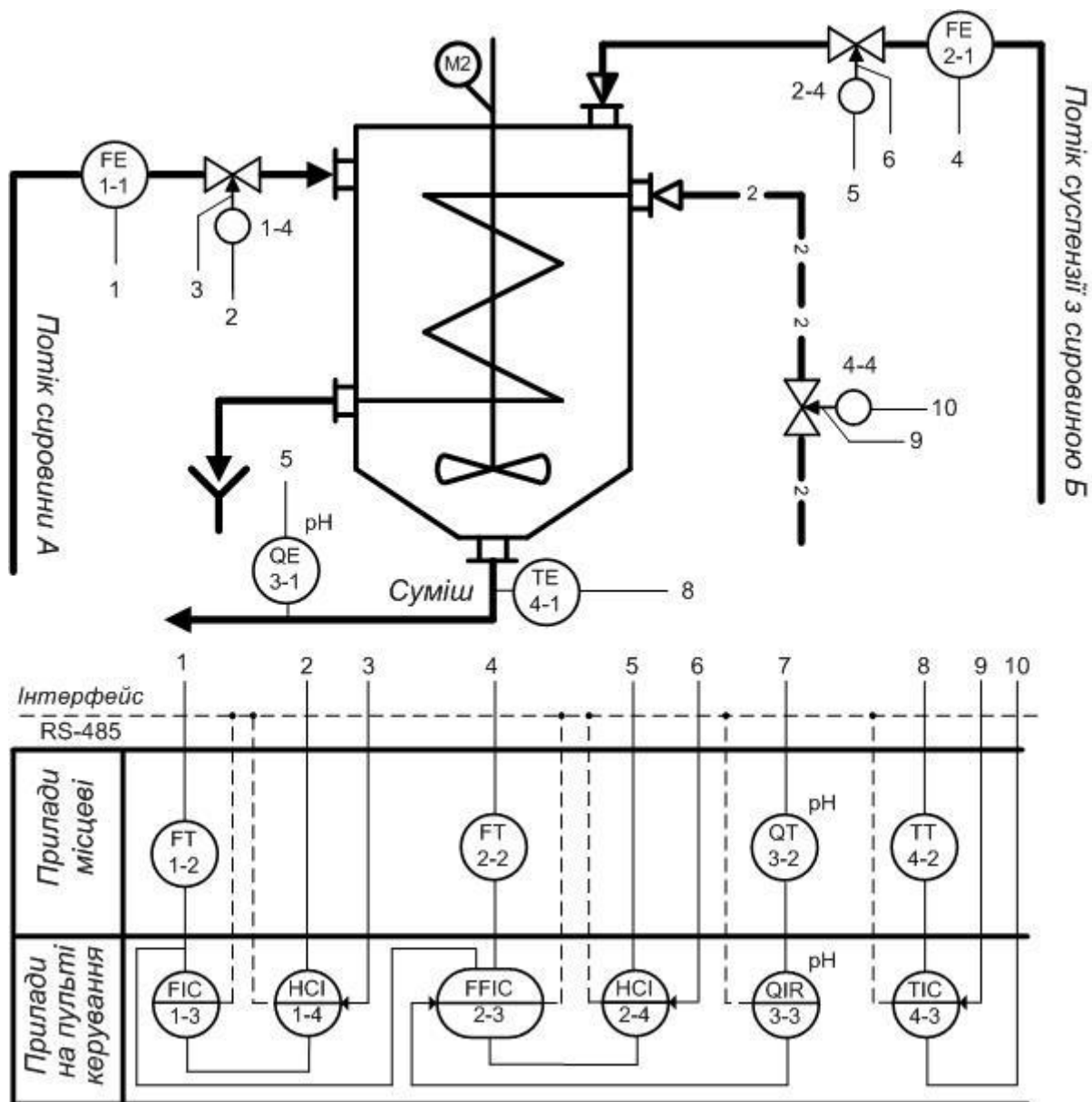
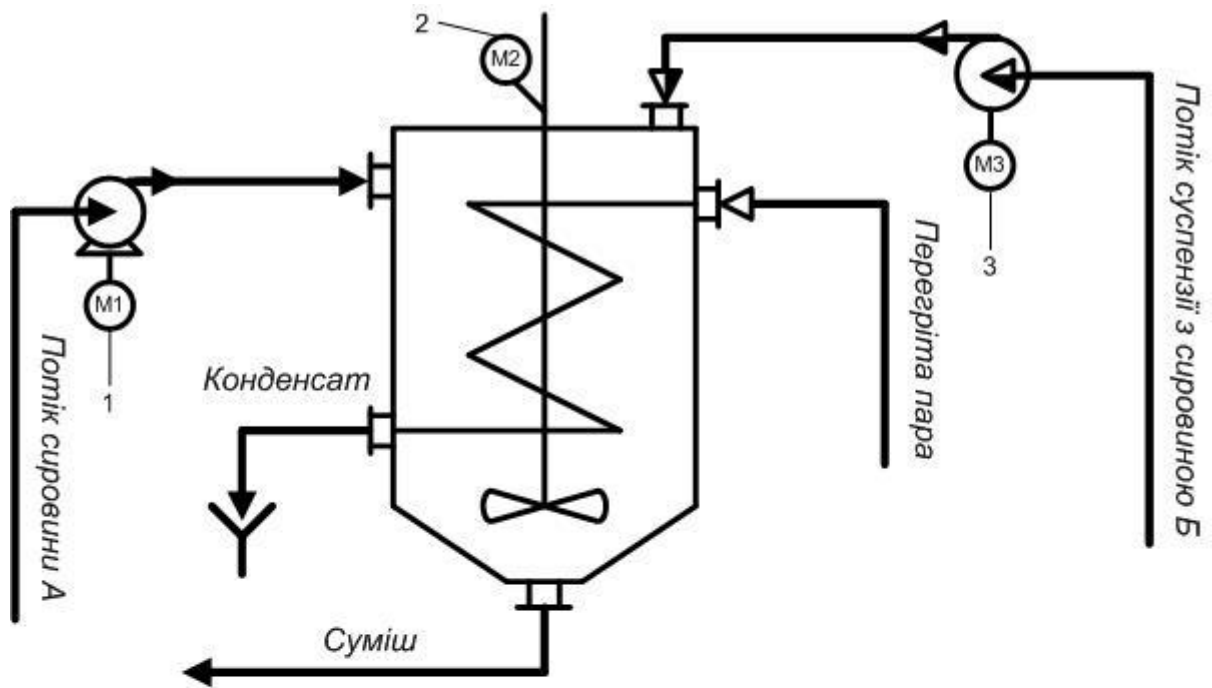


Рис. 4-10. Типова схема контурів контролю і регулювання з підключенням технічних засобів по інтерфейсу RS-485 до керуючого комп'ютера.

4.10 Типова схема контурів для дистанційного керування електромоторами технологічного обладнання

У технологічних процесах різних виробництв використовується багато технологічного обладнання з електромоторами [4]. На рис. 4-11 показані контури для дистанційного керування електромоторами обладнання, які забезпечують ведення технологічного процесу в хімічному реакторі. Контури дистанційного керування електромоторами забезпечують дистанційне вмикання і вимикання живлення та сигналізацію про стан живлення електромоторів.



	1	2	3
Прилади місцеві	NS МП1	NS МП2	NS МП3
	H SA1	H SA2	H SA3
	H SB1	HA SB3	H SB5
Прилади на пульті керування	HL1		HL3
	H SB2	HA SB4	H SB6
	HL2		HL4

Рис. 4-11. Типова схема контурів для дистанційного керування електромоторами.

Вмикання живлення електромотора М1 відцентрового насоса на трубопроводі сировини А виконується при допомозі нормально розімкнутого контакту кнопки «ПУСК» (поз. SB2). При натисканні даної кнопки подається струм на електромагніт магнітного пускача МП1 і виникає замикання контактів пускача, через які подається силове живлення на електромотор М1. Також при натисканні кнопки SB2 вмикається сигнальна лампочка HL2 зеленого кольору, яка вказує на подачу живлення до електромотора М1.

Вимикання живлення електромотора М1 виконується при допомозі нормально замкнутого контакту кнопки «СТОП» (поз. SB1). При натисканні даної кнопки роз'єднується ланцюг для струму на електромагніт магнітного пускача МП1 і виникає розмикання контактів пускача, через які подавалось силове живлення на електромотор М1. Також при натисканні кнопки SB1 вмикається сигнальна лампочка HL2 червоного кольору, яка вказує на виключення живлення електромотора М1.

Кнопка SB3 має назву «СТОП», а SB4 має назву «ПУСК» і вони при допомозі магнітного пускача МП2 забезпечують вимикання та вмикання живлення електромотора М2. У позначенні кнопки SB3 і SB4 присутня літера А, яка вказує на сигналізацію у вигляді підсвічування кнопки червоним кольором і відповідно зеленим кольором.

Вмикання живлення електромотора М3 ротаційного насосу на трубопроводі потоку суспензії з сировиною Б виконується при допомозі нормально розімкнутого контакту кнопки «ПУСК» (поз. SB6). При натисканні даної кнопки подається струм на електромагніт магнітного пускача МП3 і виникає замикання контактів пускача, через які подається силове живлення на електромотор М3. Також при натисканні кнопки SB6 вмикається сигнальна лампочка HL4 зеленого кольору, яка вказує на подачу живлення до електромотора М3.

Вимикання живлення електромотора М3 виконується при допомозі нормально замкнутого контакту кнопки «СТОП» (поз. SB5). При натисканні даної кнопки роз'єднується ланцюг для струму на електромагніт магнітного пускача МП3 і виникає розмикання контактів пускача, через які подавалось силове живлення на електромотор М3. Також при натисканні кнопки SB5 вмикається сигнальна лампочка HL5 червоного кольору, яка вказує на виключення живлення електромотора М3.

Для контурів дистанційного керування електромоторами потім розробляються відповідні принципові електричні схеми, які показують ланцюги

з'єднань технічних засобів для забезпечення дистанційного керування електромоторами М1, М2 та М3.

У контурах для дистанційного керування електромоторами М1, М2 та М3 використовуються вимикачі SA1, SA2 та SA3 при допомозі, яких відключаються від живлення відповідно магнітні пускачі МП1, МП2 та МП3 для проведення ремонтних робіт з електромоторами або з насосами чи змішувачем.

4.11 Схема автоматизації технологічного процесу хімічного реактора

Повна схема автоматизації технологічного процесу хімічного реактора (рис. 4-12) побудована на основі вище розглянутих типових схем контролю і керування технологічними параметрами об'єкта автоматизації. Дана схема автоматизації має контури контролю і регулювання, які забезпечують ведення технологічного процесу по змішуванню потоку сировини А та потоку суспензії сировини Б з отриманням заданої якості рН суміші на виході реактора відповідно до вимог технологічного регламенту на процес. Суміш виготовляється з сировини А та Б і супроводжується ендотермічною хімічною реакцією, яка підтримується за рахунок тепла від пари теплообмінника розташованого у реакторі. На початку проходження ендотермічної хімічної реакції важче значення має температура сировини А на вході у реактор. Контроль температури сировини А забезпечує контур контролю у такому складі технічних засобів:

- первинний вимірювальний перетворювач температури (поз. 1-1) виробляє фізичний сигнал пропорційний значенню температури, який передається на пристрій (поз. 1-2) для дистанційної передачі до пульту керування;
- технічний засіб (поз. 1-2) забезпечує передачу сигналу від місця монтажу вимірювача температури до місця розташування виробничого приміщення з пультом керування;

- на пульті керування прилад (поз. 1-3) показує значення температури потоку сировини А і блок сигналізації приладу контролює відхилення значення температури сировини А за мінімальне допустиме значення, на що вказує літера L (поз. 1-3).

Коли температура на вході у реактор стає менше допустимого значення, налаштованого у блок з сигналізації, прилад (поз. 1-3) формує дискретний вихідний сигнал, відповідно до якого спрацьовує електромагнітне реле (поз. КМ1) і вмикає на пульті керування попереджувальну сигналізацію у вигляді сигнальної лампочки жовтого кольору HL1.

При веденні технологічного процесу в хімічному реакторі потрібно підтримувати заданий рівень суміші для забезпечення належного теплообміну між перегрітою парою і масою суміші, яка заповнює об'єм апарату. Вимірювач рівня (поз. 2-1) передає сигнал по місцю на прилад, який показує значення рівня у реакторі, а також сигналізує відхилення рівня за налаштоване мінімальне значення L (поз. 2-2). Регулятор рівня (поз. 2-3) підтримує заданий рівень у реакторі при допомозі регулювального клапану (поз. 2-4) на трубопроводі суміші. Також сигнал о значенні рівня у реакторі додатково подається від приладу (поз. 2-2), як корегувальний до регулятора витрати (поз. 3-3).

Хімічний реактор при веденні технологічного процесу змішування сировини А і Б може мати такі режими роботи:

- робота з мінімальною продуктивністю, тобто при мінімальних витратах сировини А і Б;
- робочій режим відповідає вимогам ведення технологічного процесу по технологічному регламенту;
- робота з максимальною продуктивністю, тобто при максимальних витратах сировини А і Б.

Задана продуктивність хімічного реактору встановлюється зміною задання на регуляторі витрати (поз. 3-3). Витрата сировини А вимірюється витратоміром (поз. 3-1), сигнал якого подається на пристрій для дистанційної передачі сигналу до регулятора витрати А (поз. 3-3) на пульті керування.

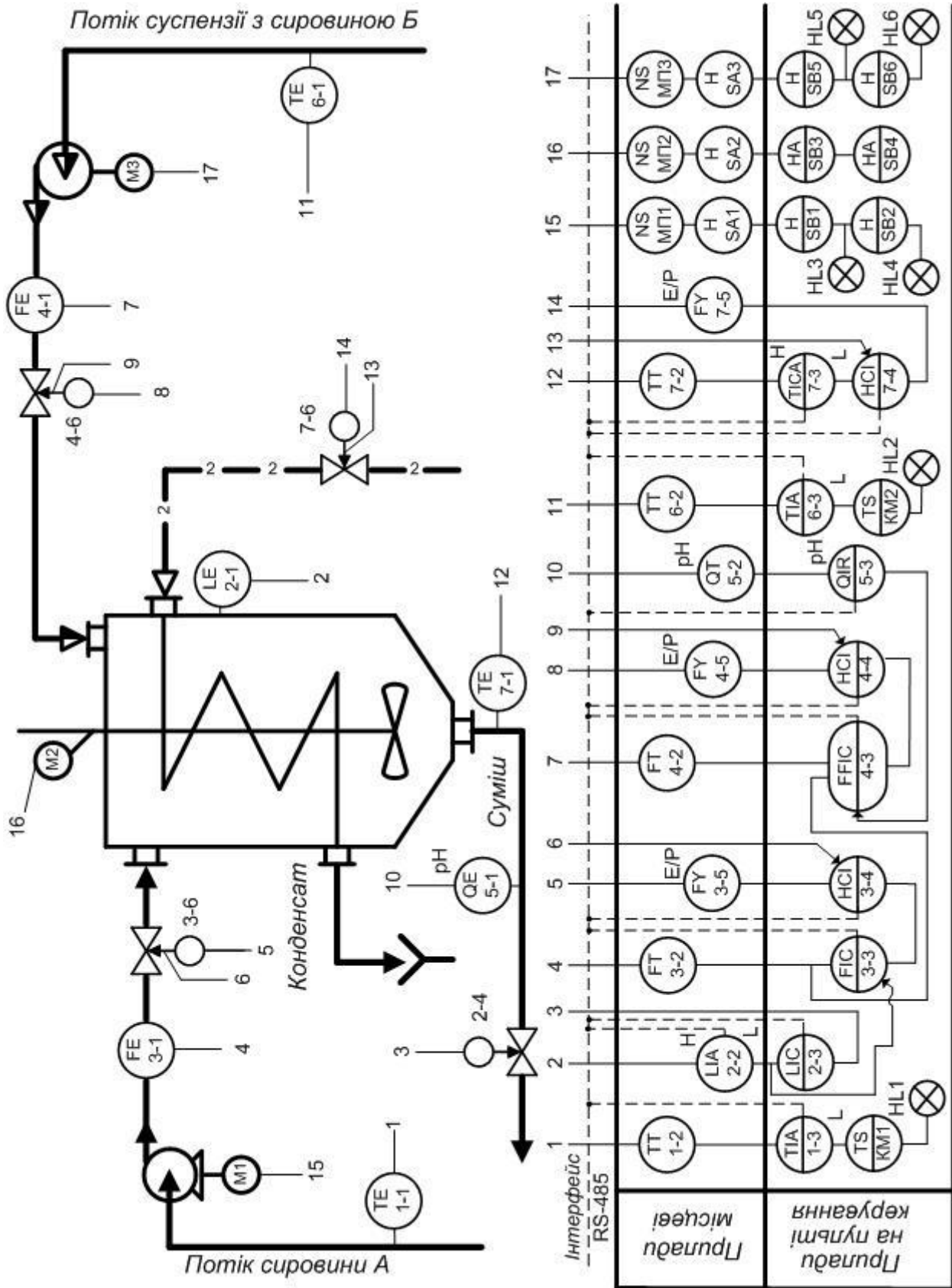


Рис. 4-12. Схема автоматизації технологічного процесу хімічного реактора.

Вихідний сигнал регулятора витрати (поз. 3-3) поступає на блок ручного управління (поз. 3-4) потім на перетворювач(поз. 3-5) і далі на пневматичний регулювальний клапан (поз. 3-6).

Положення виконавчого механізму і клапану (поз. 3-6) контролюється з 6-го адресу схеми по сигналу, який подається на блок ручного управління (поз. 3-4) для показу відсотка з відкриття трубопроводу сировини А. Також блок ручного управління (поз. 3-4) забезпечує у режимах пуску і зупинки процесу відключення сигналу регулятора витрати (поз. 3-3) від регулювального клапану (поз. 3-6) і перехід на ручне управління виконавчим механізмом цього клапану.

По технологічному регламенту процесу витрата для змішування суспензії з сировиною Б повинна поступати в реактор у відповідному співвідношенні до текучого значення витрати сировини А на вході у реактор. Для забезпечення підтримки заданого співвідношення витрат сировини А і Б у схему автоматизації встановлено регулятор співвідношення витрат (поз. 4-3). На вхід регулятора співвідношення витрат (поз. 4-3) подаються такі сигнали:

- перший вхідний сигнал визначає витрату сировини Б, яку регулятор постійно регулює (підтримує) під завдане співвідношення в залежності від змін витрати сировини А;

- другій вхідний сигнал регулятора вказує зміни витрат сировини А, по відношенню до яких регулятор (поз. 4-3) змінює свій вихідний сигнал;

- третій вхідний сигнал відображає значення рН суміші і по цьому сигналу регулятор (поз. 4-3) автоматично корегує завдання (співвідношення витрати сировини Б до витрати сировини А).

Вихідний сигнал регулятора (поз. 4-3) поступає на блок ручного управління (поз. 4-4), перетворювач сигналів (поз. 4-5) і далі на пневматичний регулювальний клапан (поз. 4-6). Положення виконавчого механізму і клапану (поз. 4-6) контролюється з 9-го адресу схеми по сигналу, який подається на

блок ручного управління (поз. 4-4) для показу відсотка з відкриття трубопроводу сировини Б. Також блок ручного управління (поз. 4-4) забезпечує у режимах пуску і зупинки процесу відключення сигналу регулятора (поз. 4-3) від регулювального клапану (поз. 4-5) і перехід на ручне управління виконавчим механізмом цього клапану.

Якість суміші на виході реактора вказує значення рН, яке контролюється вимірювачем (поз. 5-1) і на пульті керування приладом (поз. 5-3). Сигнал о значенні рН суміші подається на вхід регулятора (поз. 4-3) для автоматичного корегування завдання регулятора (співвідношення витрат), якщо у потоці сировини А або у суспензії сировини Б змінюється концентрація.

На вході реактора контроль температури суспензії з сировиною Б забезпечує контур контролю у такому складі технічних засобів:

- первинний вимірювальний перетворювач температури (поз. 6-1) виробляє пропорційний значенню температури суспензії фізичний сигнал, який передається у пристрій (поз. 6-2) для дистанційної передачі сигналу до пульта керування;

- технічний засіб (поз. 6-2) забезпечує передачу сигналу від місця монтажу вимірювача температури до місця розташування виробничого приміщення з пультом керування;

- на пульті керування прилад (поз. 6-3) показує значення температури суспензії з сировиною Б і блок сигналізації приладу контролює відхилення значення температури суспензії за мінімальне допустиме значення, на що вказує літера L (поз. 6-3) і якщо температура на вході у реактор стає менше допустимого налаштованого значення блок з сигналізації у приладі формує дискретний вихідний сигнал, відповідно до якого спрацьовує електромагнітне реле (поз. KM2) і вмикає на пульті керування попереджувальну сигналізацію у вигляді сигнальної лампочки жовтого кольору HL2.

Для процесу змішування сировини А з сировиною Б у хімічному реакторі по технологічному регламенту передбачено для суміші постійна темпе-

ратура на виході з реактора. Контур з регулювання температури суміші на виході реактора використовує наступні технічні засоби контролю і регулювання:

- первинний вимірювальний перетворювач температури (поз. 7-1) виробляє фізичний сигнал, пропорційний змінам значення температури суміші;

- технічний засіб (поз. 7-2) забезпечує дистанційну передачу сигналу про температуру суміші на відстань до пульту керування;

- регулятор температури (поз. 7-3) з налаштованим блоком сигналізації на значення температури суміші (максимум **H** і мінімум **L**);

- блок ручного управління (поз. 7-4) у автоматичному режимі роботи пропускає вихідний сигнал від регулятора температури (поз. 7-3) на виконавчий механізм регулювального клапану (поз. 7-5), а при пусках і зупинках процесу змішування блок (поз. 7-4) використовується у ручному режимі формування сигналу для виконавчого механізму регулювального клапану;

- перетворювач сигналів (поз. 7-5) вхідний електричний сигнал перетворює у пневматичний стандартний керуючий сигнал, який подається на виконавчий механізм пневматичного регулювального клапану.

Положення виконавчого механізму і клапану (поз. 7-6) контролюється з 13-го адресу схеми по сигналу, який подається на блок ручного управління (поз. 7-4) для показу відсотка з відкриття трубопроводу перегрітої пари.

Контур для дистанційного керування роботою електромотора **M1** насосу на трубопроводі сировини **A** забезпечує дистанційне вмикання і вимикання живлення. Вмикання живлення електромотора **M1** відцентрового насосу на трубопроводі сировини **A** виконується при допомозі нормально розімкнутого контакту кнопки «ПУСК» (поз. **SB2**). При натисканні даної кнопки подається струм на електромагніт магнітного пускача **МП1** і виникає замикання контактів пускача, через які подається силове живлення на електромотор **M1**. Також

при натисканні кнопки **SB2** вмикається сигнальна лампочка **HL4** зеленого кольору, яка вказує на подачу живлення до електромотора **M1**.

Вимикання живлення електромотора **M1** виконується при допомозі нормально замкненого контакту кнопки «СТОП» (поз. **SB1**). При натисканні даної кнопки роз'єднується ланцюг для струму на електромагніт магнітного пускача **МП1** і виникає розмикання контактів пускача, через які подавалось силове живлення на електромотор **M1**. Також при натисканні кнопки **SB1** вмикається сигнальна лампочка **HL3** червоного кольору, яка вказує на відключення живлення електромотора **M1**.

Кнопка **SB3** має назву «СТОП» та **SB4** має назву «ПУСК» і вони при допомозі магнітного пускача **МП2** забезпечують вимикання та вмикання живлення електромотора **M2**. У позначенні кнопки **SB3** і **SB4** присутня літера **A**, яка вказує на сигналізацію у вигляді підсвічування кнопки червоним кольором і відповідно зеленим кольором.

Вмикання живлення електромотора **M3** ротаційного насосу на трубопроводі потоку суспензії з сировиною **B** виконується при допомозі нормально розімкнутого контакту кнопки «ПУСК» (поз. **SB6**). При натисканні даної кнопки подається струм на електромагніт магнітного пускача **МП3** і виникає замикання контактів пускача, через які подається силове живлення на електромотор **M3**. Також при натисканні кнопки **SB6** вмикається сигнальна лампочка **HL6** зеленого кольору, яка вказує на подачу живлення до електромотора **M3**.

Вимикання живлення електромотора **M3** виконується при допомозі нормально замкненого контакту кнопки «СТОП» (поз. **SB5**). При натисканні даної кнопки роз'єднується ланцюг для струму на електромагніт магнітного пускача **МП3** і виникає розмикання контактів пускача, через які подавалось силове живлення на електромотор **M3**. Також при натисканні кнопки **SB5** вмикається сигнальна лампочка **HL5** червоного кольору, яка вказує на відключення живлення електромотора **M3**.

В контурах для дистанційного керування електромоторами М1, М2 та М3 використовуються вимикачі SA1, SA2 та SA3 при допомозі, яких відключаються від живлення відповідні магнітні пускачі МП1, МП2 та МП3 для проведення ремонтних робіт з електромоторами насосів чи змішувача.

4.12 Схема автоматизації з мікропроцесорним контролером параметрів технологічного процесу хімічного реактора

У сучасних системах автоматизації технологічних процесів широко використовуються мікропроцесорні контролери. Мікропроцесорні контролери виготовляються з різною кількістю каналів контролю і регулювання. В корпусі кожного контролера є центральний мікропроцесор, який одночасно контролює і керує декількома технологічними параметрами (каналами). Кожний канал контролера налаштовується на контроль відповідного технологічного параметру з широким набором функцій. Контролер для кожного каналу регулювання має постійну і оперативну пам'ять, де записуються дані по налаштуванням до технологічного параметру і функцій для виконання центральним мікропроцесором. При виготовленні креслення до схеми автоматизації з мікропроцесорним контролером необхідно показувати усі функції, які виконуються центральним мікропроцесором контролера для кожного каналу з контролю і регулювання. Багато функцій контролера для каналу регулювання в умовному графічному позначенні, як технічного засобу автоматизації (кружечок 10 мм) записати неможливо. Тому на кресленнях схем автоматизації з мікропроцесорними контролерами у полі прямокутника з назвою «Прилади на пульті керування» для позначення функцій контролера кожного каналу використовується додатковий прямокутник, у якому вказується список функцій до обробки вхідного сигналу про значення технологічного параметру. В даному списку функцій контролера графічно (точками) позначається для кожного каналу набір функцій для виконання центральним мікропроцесором.

До технологічного процесу змішування потоку сировини А з потоком суспензії сировини Б у хімічному реакторі на рис. 4-13 показано приклад схе-

ми автоматизації з використанням мікропроцесорного контролера з малою кількістю каналів. На схемі автоматизації (рис. 4-13) мікропроцесорний контролер забезпечує контроль і регулювання чотирьох технологічних параметрів (каналів):

- витрати сировини А на вході у хімічний реактор, яка визначає продуктивність процесу змішування (поз. каналу 1-3) з вхідним сигналом АІ1 та вихідним сигналом АО1;

- витрати суспензії сировини Б, яка регулюється у заданому співвідношенні до текучого значення витрати сировини А на вході у хімічний реактор (поз. каналу 2-3) з вхідним сигналом АІ2 та вихідним сигналом АО2;

- рівня суміші у об'ємі хімічного реактора (поз. каналу 3-3) з вхідним сигналом АІ3 та вихідним сигналом АО3;

- температури суміші на виході хімічного реактора (поз. каналу 4-3) з вхідним сигналом АІ4 та вихідним сигналом АО4.

Мікропроцесорний контролер може виконувати функцію «корегування» тільки до одного каналу (технологічного параметру). На рис. 4-13 для корегування співвідношення витрат сировини Б до сировини А подається сигнал про значення рН суміші на виході реактора (поз. каналу 4-4). На схемі автоматизації (рис. 4-13) мікропроцесорний контролер регулює рівень (поз. каналу 5-3) з урахуванням положення регулювального клапану (поз. 5-5). Мікропроцесорний контролер в одному корпусі замінює чотири регулятора і відповідно контури регулювання реалізуються за малу ціну технічного засобу автоматизації. К недолікам мікропроцесорного контролера можливо віднести, що для показу текучих значень параметрів для декількох каналів регулювання на панелі є тільки один дисплей і перегляд інших каналів регулювання потребує виконувати команди з переключення дисплею. Для ефективної експлуатації мікропроцесорних контролерів у схемі автоматизації необхідно обов'язкове їх підключення по RS-485 до керуючого комп'ютера.

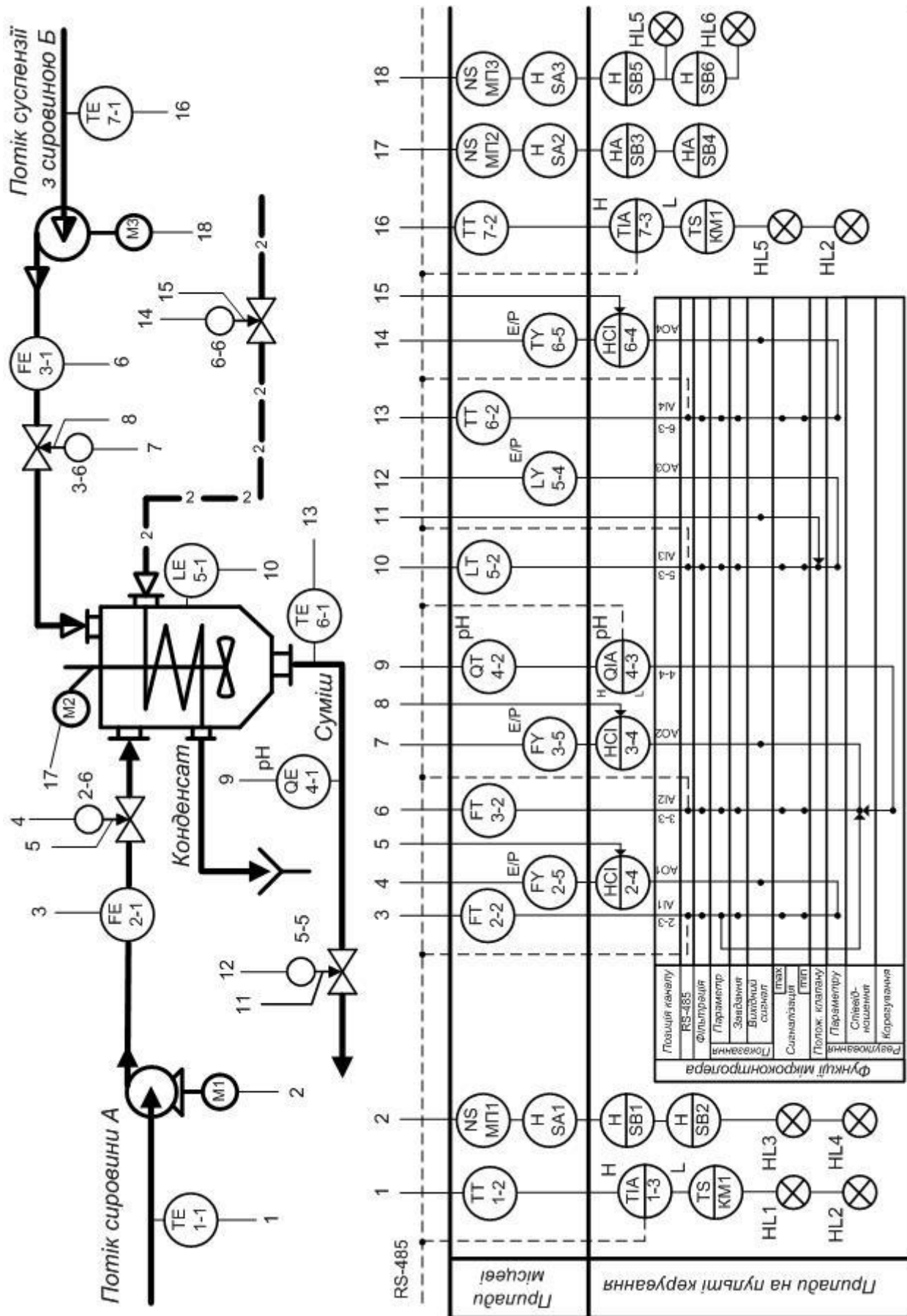


Рис. 4-13. Схема автоматизації процесу з використанням мікропроцесорного контролера.

5. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У СХЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Після розробки схеми автоматизації технологічного процесу з хімічного виробництва потрібно підібрати і визначити набір технічних засобів контролю і регулювання, при допомозі яких можуть бути реалізовані відповідні контури контролю і регулювання технологічних параметрів. Для вирішення задач по автоматизації технологічних процесів випускається і продається багато різних типів технічних засобів. Для ефективного вивчення сучасних технічних засобів автоматизації на кафедрі «Автоматизація хімічних виробництв» розроблена, змонтована і використовується комп'ютерно-мікропроцесорна навчальна система на основі приладів "МІКРОЛ". Засоби "МІКРОЛ" для автоматизації технологічних процесів виготовляє ООО «МІКРОЛ» у м. Івано-Франківськ [10]. Далі розглянемо прилади, регулятори та технічні засоби автоматизації, які можна використовувати у контурах схеми автоматизації технологічного процесу хімічного реактора, наведеної на рис. 4-12.

В якості приладів ПІА (поз. 1-3) та ПІА (поз. 6-3) можна встановити мікропроцесорний технологічний індикатор ІТМ-11 марки «МІКРОЛ». Одноканальні технологічні індикатори ІТМ-11 (рис. 5-1) мають цифровий і лінійні індикатори (дисплеї) для відображення значення параметру в цифровому вигляді та лінійному (у % відхилення). Технологічні індикатори ІТМ-11 мають наступні функціональні можливості:

- вимірювання і обробка вхідного сигналу блоком сигналізації та функціональним блоком відповідно до завданих налаштувань;
- світлова сигналізація на панелі приладу про відхилення вимірюваного параметру за налаштовані *min* та *max* значення;
- виконання обчислювальних математичних функцій до вхідного сигналу;
- забезпечується аналоговий стандартний електричний вихідний сигнал;

- формуються дискретні вихідні сигнали відповідно до налаштувань з логіки роботи блока сигналізації;
- інтерфейс передачі даних по RS-485 дозволяє підключення к програмному забезпеченню керуючого комп'ютера.



Рис. 5-1. Зображення мікропроцесорного технологічного індикатора ІТМ-11 з горизонтальним і вертикальним розташуванням лінійного дисплея.

Для контурів контролю температур з технологічною сигналізацією приладами ТІА (поз. 1-3) та ТІА (поз. 6-3) можна встановити двоканальний мікропроцесорний технологічний індикатор ІТМ-22 (рис. 5-2), який має по два цифрових і лінійних індикатора на панелі приладу, що дозволяє візуально технологічним операторам бачити відразу зміни двох технологічних параметрів (температура сировини А та температура сировини Б на вході у реактор). Технологічний індикатор ІТМ-22 має такий же аналогічний набір функціональних можливостей, як і одно канальний технологічний індикатор ІТМ-11 та передачу даних до керуючого комп'ютера по інтерфейсу RS-485.

На схемі автоматизації технологічного процесу (рис. 4-12) в контурах регулювання показані регулятори: LIC (поз. 2-3), FIC(поз. 3-3) та TICA (поз. 7-3) і для них можна використовувати мікропроцесорний регулятор моделі МІК-21.



Рис. 5-2. Зображення мікропроцесорного технологічного індикатора ІТМ-22.

Регулятори МІК-21 виготовляються у двох модифікаціях:

- з монтажем приладу на панелі пульта керування за рахунок виготовлення отвору відповідних розмірів до корпусу регулятора МІК-21 (рис. 5-3);

- з навісним монтажем регулятора МІК-21Н (рис. 5-4) на панелі пульта керування або щита керування.

Мікропроцесорні регулятори МІК-21 та МІК-21Н є одно контурними і можуть в залежності від налаштування конфігурації виконувати наступні закони по регулюванню технологічного параметру:

- ПД-закон аналоговий;
- ПД-закон імпульсний;
- ПД-закон широтно-імпульсний;
- двох позиційний-закон;
- трьох позиційний-закон.



Рис. 5-3. Зображення мікропроцесорного регулятора МІК-21.

Мікропроцесорні регулятори МІК-21 та МІК-21Н мають наступні додаткові функціональні можливості :

- зміну завдання до завданого значення технологічного параметру можна встановлювати внутрішніми налаштуваннями або зовнішніми по RS-485;
- управління швидкістю зміни керуючого впливу регулятора на виконавчий механізм;
- отримання сигналу про положення виконавчого механізму і регульовального клапану;
- можливість з використання сигналів від кінцевих вимикачів.

На регулятори МІК-21 та МІК-21Н можна подавати вхідний сигнал стандартний електричний (0...5 mA або 4...20 mA), або сигнали від стандартних вимірювачів технологічних параметрів.

В контурі регулювання технологічного параметру бажано вихідний сигнал регуляторів МІК-21 та МІК-21Н подавати на блоки ручного управління БРУ (дивись рис. 5-6), а потім на відповідний виконавчий механізм регульовального клапану.



Рис. 5-4. Зображення мікропроцесорного регулятора МІК-21Н.

Для контуру регулювання співвідношення (рис. 4-12) витрати сировини А до витрати сировини Б регулятором FFIC (поз. 4-3) можна використати регулятор співвідношення МІК-25.



Рис. 5-5. Зображення мікропроцесорного регулятора МІК-25.

Схема автоматизації (рис. 4-12) передбачає використання блоків ручного управління НСІ (поз. 3-4, поз. 4-4 та поз. 7-4) і в якості яких, можливо використовувати мікропроцесорні блоки ручного управління БРУ-7 та БРУ-7К (рис. 5-6 та рис. 5-7), яки мають інтерфейс зв'язку RS-485 з керуючим комп'ютером і цифровий дисплей для показу % положення виконавчого механізму та регулювального клапану (поз. 3-6, поз. 4-6 та поз. 7-6).



Рис. 5-6. Зображення мікропроцесорного блока ручного управління БРУ-7 з живленням змінним струмом у 220 V.



Рис. 5-7. Зображення мікропроцесорного блока ручного управління БРУ-7К1 з живленням постійним струмом у 24 V.

Технічні засоби ТТ (поз. 1-2), ТТ (поз. 6-2) та ТТ (поз. 7-2) забезпечують дистанційну передачу стандартного електричного сигналу постійного струму до пульта курування про значення температур, які контролюються первинними вимірювачами температури ТЕ (поз. 1-1), ТЕ (поз. 6-1) та ТЕ (поз. 7-1).

Для передачі на відстань сигналів від вимірювачів температури до приладів і регуляторів на пульті керування можна використовувати наступні технічні засоби «МІКРОЛ»:

- перетворювачі БПО-32 та БПО-42 (рис. 5-8), які перетворюють сигнали активного опору (Ом) від термометрів опору (ТСМ 50М, ТСМ 100М, ТСМ 23 гр., Сu 50, Сu 100, ТСП 50П, ТСП 100П, ТСП 21 гр., Pt 50 та Pt 100) в стандартний електричний сигнал постійного струму;
- перетворювач БПТ-22 (рис. 5-9) для сигналу (мВ) від термопар (ТХА, ТХК та інші) у стандартний електричний струмовий сигнал.



Рис. 5-8. Зображення перетворювачів БПО-32 та БПО-42.



Рис. 5-9. Зображення перетворювача БПТ-22.

5.1 Первинні вимірювальні перетворювачі значень технологічних параметрів у сигнали для контурів контролю і регулювання

Схема автоматизації технологічного процесу (рис. 4-12) передбачає вимірювання на виході реактора температури суміші (поз. 7-1), температури потоку сировини А (поз. 1-1) та температури потоку суспензії сировини Б (поз. 6-1) на вході у реактора. Для вимірювання цих температур можна використовувати термометри опору (рис. 5-10) з різними видами монтажу та способами герметизації. Вибір типу термометру опору залежить від діапазону зміни контрольованої температури та вимог з особливостей місця монтажу вимірювача. Для вимірювання великих температур (поз. 1-1), (поз. 6-1) та (поз. 7-1) можна використовувати термопари, зображення яких показано на рис. 5-11. Термопари пропорційно змінам значення контрольованої великої температури виробляють електричний сигнал (mV), а термометри опору – електричний сигнал (Ω). Термопари можна підключати по місцю до блоків БПТ-22, а термометри опору відповідно до типу к блокам БПО-32 або БПО-42 для забезпечення передачі стандартних струмових сигналів до пульта керування.

Вимірювання витрат (поз. 3-) та (поз. 4-1) можливо виконувати різними технічними засобами автоматизації. Для правильного вибору вимірювача витрати потрібно враховувати властивості технологічного потоку, який потрібно вимірювати. Універсальним технічним засобом для вимірювання витрат є сучасні кориолісові витратоміри (рис. 5-12), які вимірюють масову витрату в діапазоні від 0 до 300 т/год. Вимірювання витрати даним типом витратоміру засновано на врахуванні сил «Кориолісу», які викликають фазове зміщення фаз коливань при реєстрації їх двома електромагнітними датчиками (рис. 5-12). В схемах автоматизації можна використовувати також витратоміри, робота яких заснована на вимірюванні перепаду тиску (рис. 5-13) та електромагнітні витратоміри (рис. 5-14).

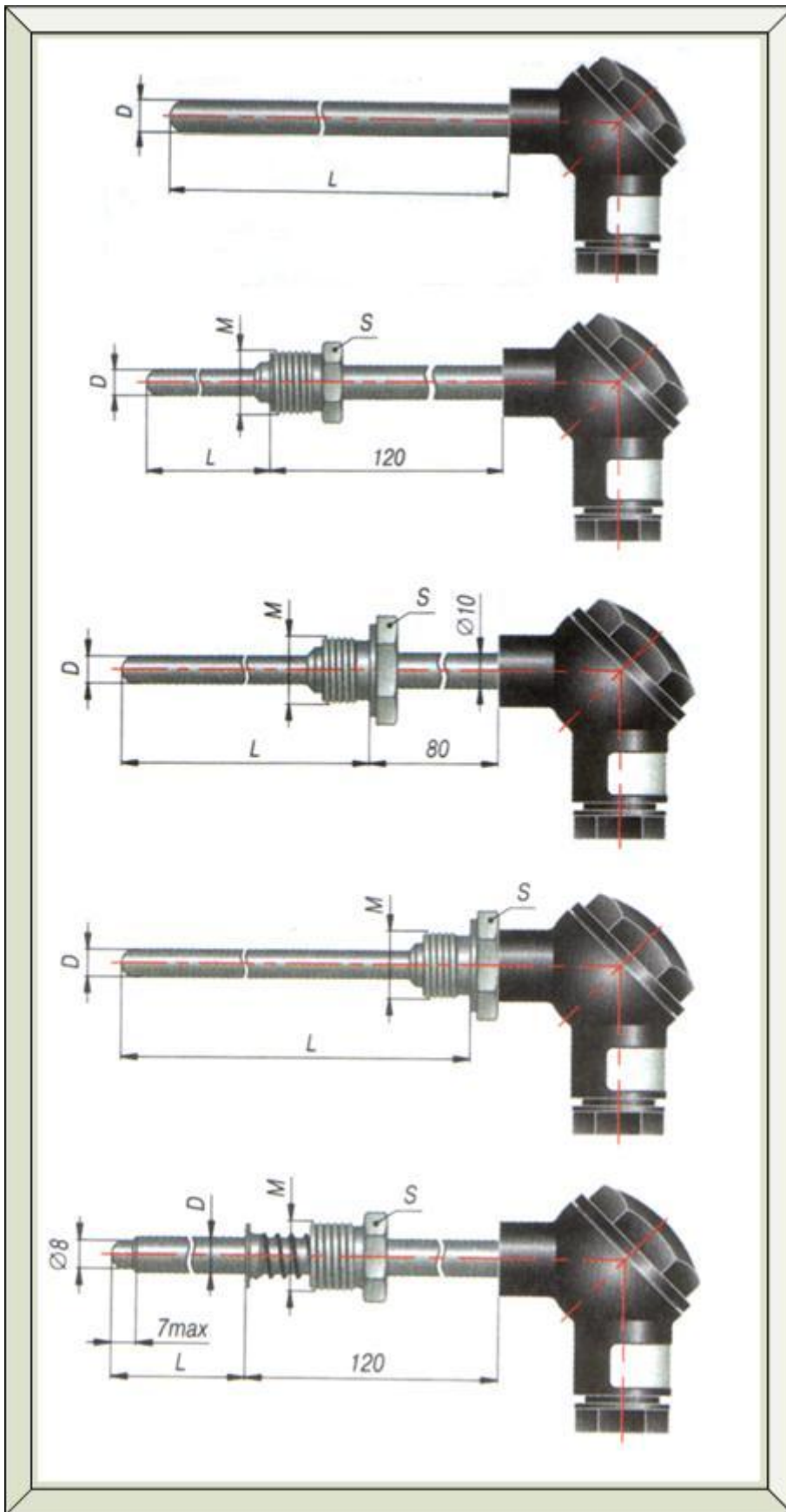


Рис. 5-10. Зображення різних конструкцій термометрів опору.

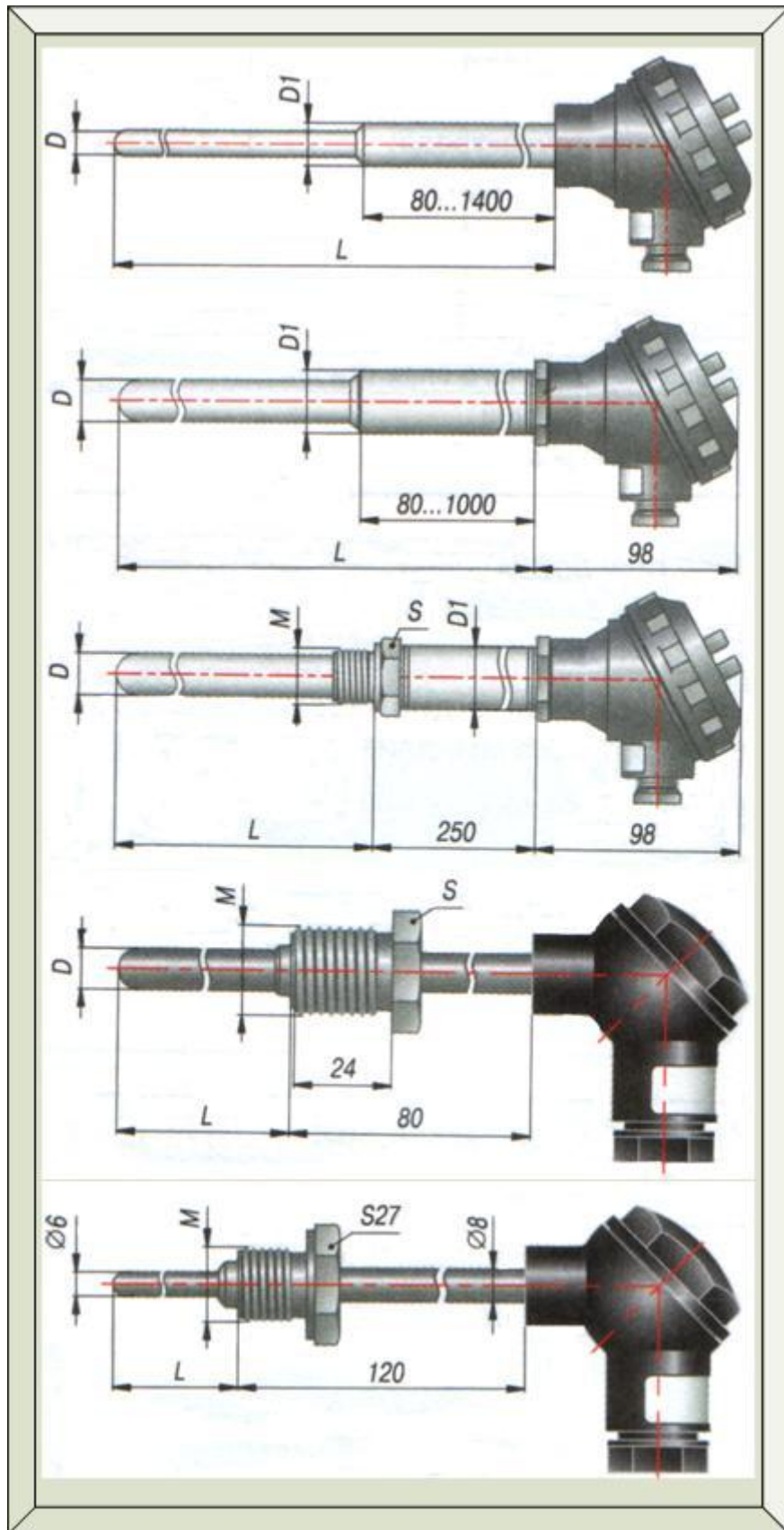


Рис. 5-11. Зображення різних конструкцій термопар.



Рис. 5-12. Зображення вимірювачів витрати за рахунок кориолісових сил.



Рис. 5-13. Зображення вимірювачів витрати по перепаду тиску.



Рис. 5-14. Зображення електромагнітних вимірювачів витрати.

Для вимірювання значення рН технологічно потоку (поз.5-1), (поз.5-2) та (поз. 5-3) можна використати вимірювач ПП-10 марки «Мікрол», який показано на (рис. 5-15). Вимірювач ПП-10 може функціонувати у режимі технологічного індикатора або у режимі регулятора з блоком ручного управління БРУ-7 аналогічно регулятору МІК-21.



Рис. 5-15. Зображення потенціометричного вимірювача ПП-10 для контролю значення рН.

На виробництвах по технічних засобах автоматизації виготовляється багато різних типів вимірювачів рівня, але сучасними вимірювачами рівня вважаються радарні конструкції, які якісно виконують вимірювання рівня у багатьох видах технологічних апаратів.

Для вимірювання рівня у схему автоматизації технологічного процесу (рис. 4-12) можна застосувати радарний вимірювач рівня, який має широкий діапазон з контролю рівня при роботі мішалки у хімічному реакторі. При змішуванні мішалкою виникає воронка або коливання на поверхні маси у апараті. Радарні безконтактні вимірювачі рівня з ехо-сигналом ідеально підходять для ємностей з внутрішніми конструкціями, а також при наявності турбулентності, конденсату, пари, пилу та піни (рис. 5-16).

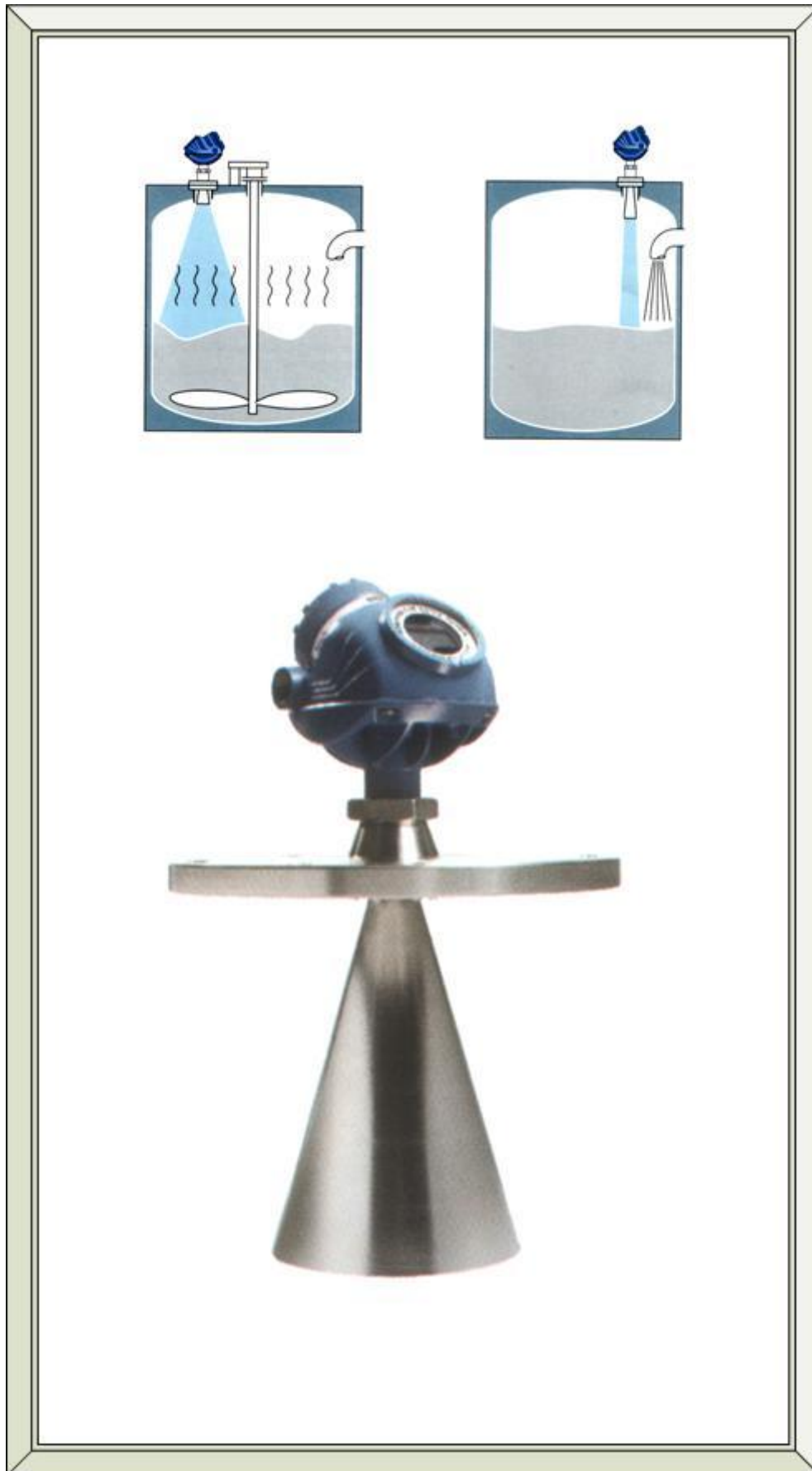


Рис. 5-16. Зображення радарного вимірювача рівня.

5.2 Регулювальні клапани для регулювання параметрів технологічного процесу

Керуючий вплив на параметри об'єкта керування виконується при допомозі регулювальних клапанів по сигналах, які подаються від автоматичних регуляторів. На виробництвах технічних засобів автоматизації виробляють багато різних конструкцій, типів і видів регулювальних клапанів і їх усіх можна розподілити на дві групи по типу вхідного сигналу на виконавчий механізм:

- першу групу складають електричні регулювальні клапани, які використовують стандартний електричний сигнал;
- другу групу складають пневматичні регулювальні клапани, які використовують стандартний пневматичний сигнал (зжатє повітря).

В конструкціях електричних регулювальних клапанів для зміщення штока клапану використовуються електромотори (електроприводи) (рис. 5-17). Для закриття і відкриття клапану на технологічному трубопроводі малого або середнього діаметру потрібен повний хід електроприводу, на що витрачається від 30 секунд і більше. У випадках виникнення аварії, або відключення живлення електропривода шток і клапан та електропривод залишаються у положенні, яке було до моменту виникнення аварії. Електроприводи з «нормально-відкритим» та «нормально-закритим» положенням клапану виготовляються по спеціальним замовленням і мають дуже високу ціну.

Регулювальні клапани з електроприводом якісно виконують регулювання витрати для великих діаметрів технологічних трубопроводів. Електроприводи при допомозі редуктора до клапану забезпечують великі зусилля, які потрібні при відкритті та закритті трубопроводу великого діаметру (дивись рис. 5-17). Для технологічних трубопроводів з великими діаметрами пневматичні регулювальні клапани не використовуються, тому що може виникати порив еластичної мембрани пневматичного виконавчого механізму (дивись рис. 5-18).



Рис. 5-17. Зображення електричних регулювальних клапанів.

В конструкціях пневматичних регулювальних клапанів для зміщення штока клапану використовуються мембранний пневматичний виконавчий привід (рис. 5-18). В мембранних пневматичних приводах тиск керуючого сигналу впливає на еластичну мембрану 1, яка затиснута по периметру між кришками 2 і 3. На мембрані виникає сила, яка урівноважується пружиною 5,

розташованою на кронштейні 4. Таким чином хід штоку 6 приводу зміщується пропорційно змінам керуючого тиску від регулятора. Зміна розташування пружини 5 у мембранному пневматичному приводі (рис. 5-18) робить регулювальний клапан (рис. 5-19) «нормально-відкритим» або «нормально-закритим» з високою швидкістю виконання команд від регулятора.

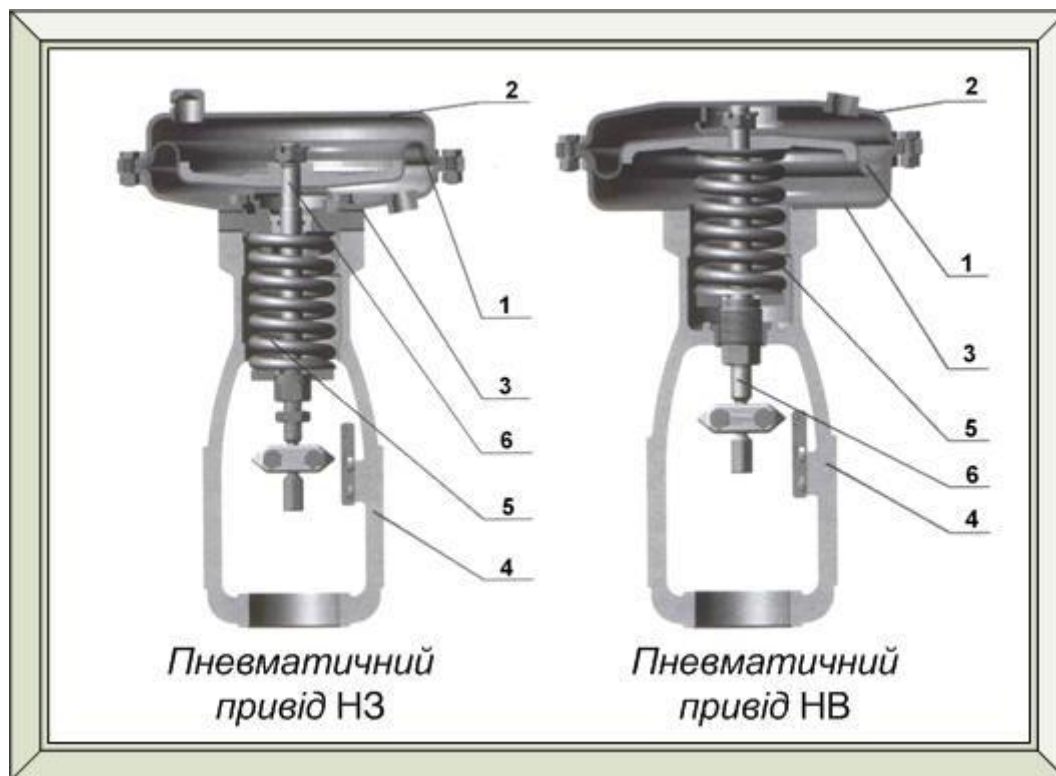


Рис. 4-18. Зображення пневматичних приводів до регулювальних клапанів.

Пневматичні приводи приєднуються до відповідної конструкції регулювального клапану, який завжди має два основних елемента: корпус та дросельний вузол і загальна конструкція клапану показано на рис. 5-19. Клапан має корпус 1 з розміщеним дросельним вузлом, який складено з сідла 2 і плунжера 3, з'єданого зі штоком 4. Сідло клапану може бути закрученим, як це показано на рис. 5-20, або притиснутим до уплотнільної поверхні корпусу з центруючою втулкою. Плунжер ковзається по направляючому елементу, розташованому у кришці 5. Між корпусом 1 і кришкою 5 встановлена уплотнільна прокладка 6. Шток 4 має вихід зверху через сальниковий вузол 7, складений з підпружинених шевронних колец з фторопласту-4 або інших ма-

рок. На кришку 5 клапану встановлюється пневматичний привод, у якого шток з'єднується зі штоком клапану.

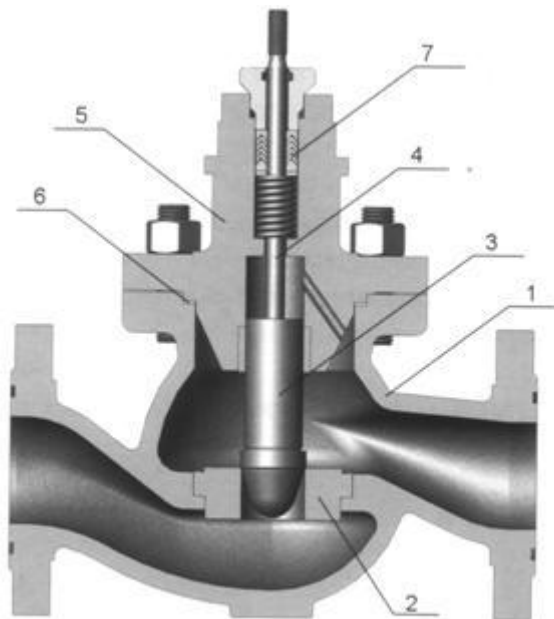


Рис. 5-19. Загальна конструкція регулювального клапану.

Дросельний вузол є регулювальним і запірним елементом клапану. Даний вузол реалізує задачу по зміні прохідного отвору клапану для впливу на витрату технологічного потоку в трубопроводі. Конструкція дросельного вузла залежить від комбінації втулка-седло-плунжер, яки вибираються відповідно до умов експлуатації регулювального клапану:

- перепаду риску на плунжеру;
- типу технологічного потоку (рідина, газ або пара);
- температури технологічного потоку;
- густини маси потоку;
- механічних домішок;
- величини витрати.

Основними елементами у будь якого дросельного вузла є седло і плунжер (рис. 5-20), яки і виконують дроселювання регулювального потоку.

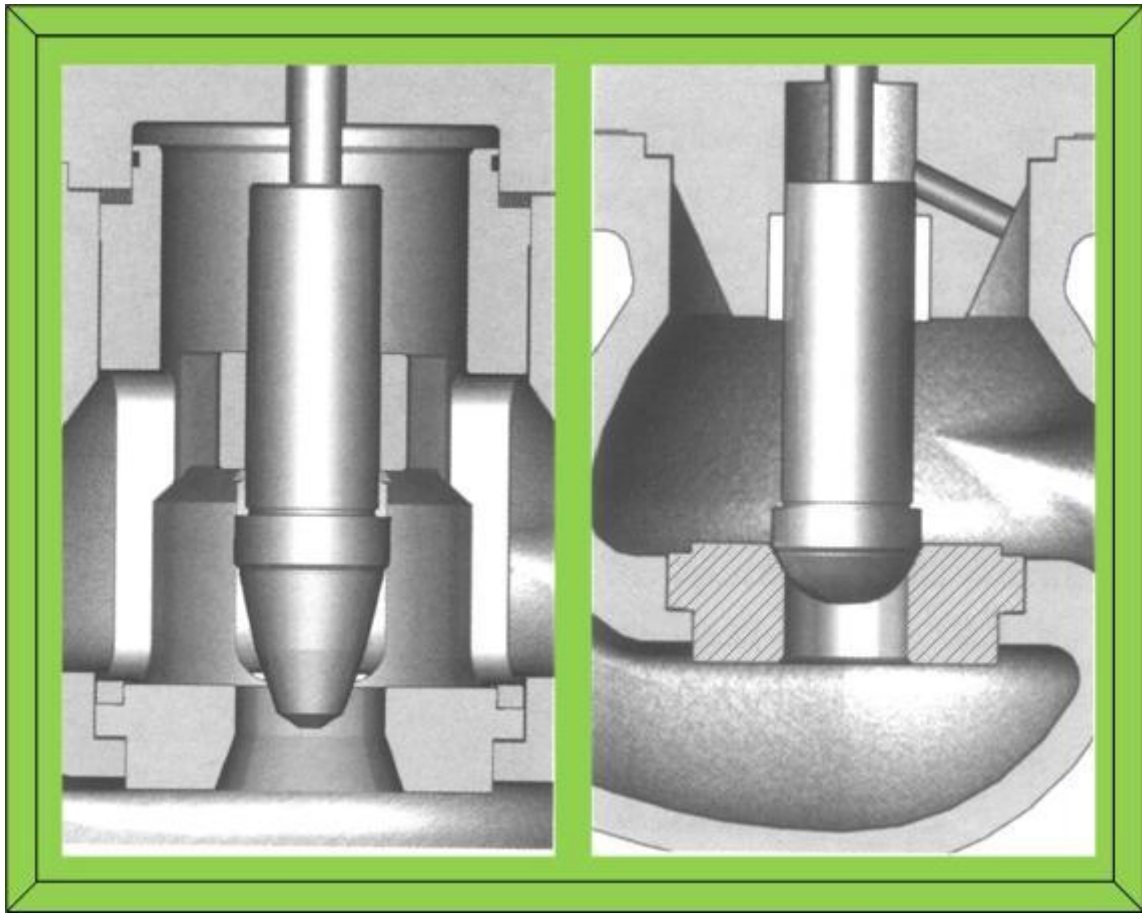


Рис. 5-20. Конструкції дросельних вузлів до регулювального клапану.

При встановленні регулювального клапану на трубопровід з потоком отруйних речовин використовується клапан з плунжером закритим багатьма шарами сільфонів (рис. 5-21). При регулюванні потоку з великими температурами до $+ 650^{\circ}\text{C}$ використовуються клапани з ребристим охолодженням штоку за рахунок, якого температура сальника зменшується до 200°C (рис. 5-22). На технологічні потоки з температурами від $- 90^{\circ}\text{C}$ до $- 250^{\circ}\text{C}$ встановлюються криогенні конструкції клапанів (рис. 5-23) з захистом корпусу і штоку від обмерзання. При змішуванні у трубопроводі відповідних технологічних потоків використовуються трьохходові регулювальні клапани (рис. 5-24). На технологічних потоках, забруднених механічними домішками, встановлюються клапани «шлангові» (рис. 5-25).

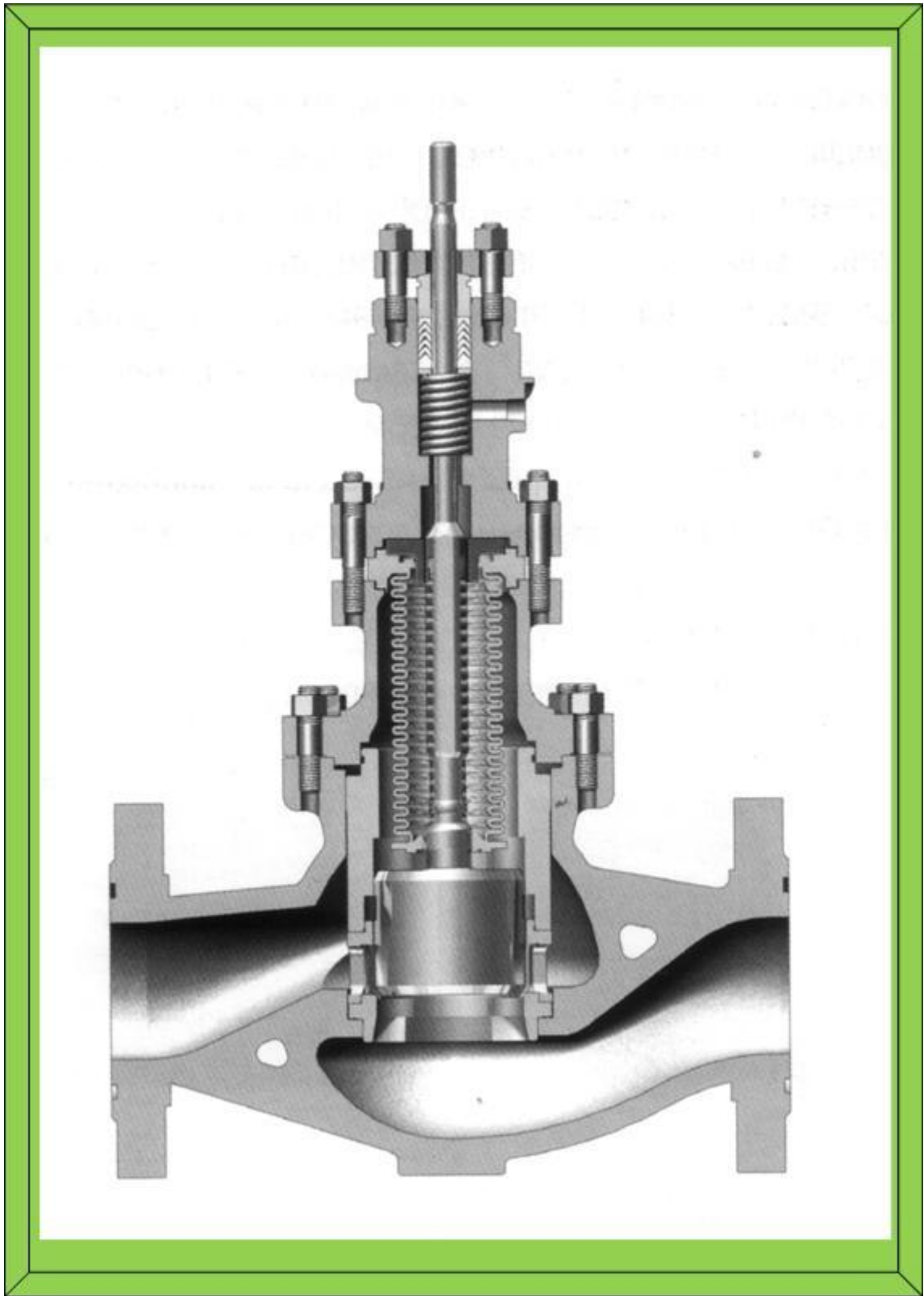


Рис. 5-21. Конструкція клапану з плунжером закритим шарами сільфонів.

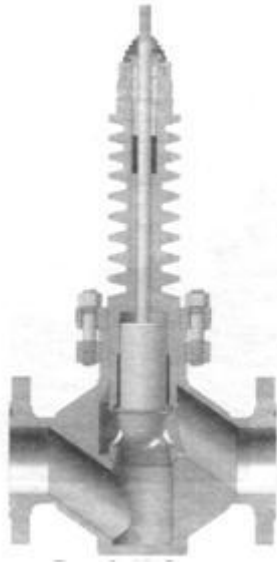


Рис. 5-22. Конструкція регулювального клапану для потоку з великою температурою.

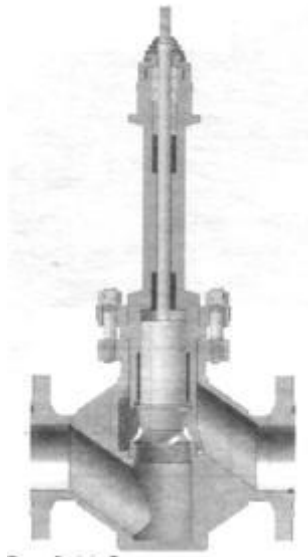


Рис. 5-23. Конструкція регулювального клапану для потоку з криогенною температурою.

Після з'єднання пневматичного приводу з відповідною конструкцією клапану пневматичні регулювальні клапани можуть мати вигляд, як це показано рис. 5-26.

Закріплення пневматичних регулювальних клапанів на технологічних трубопроводах виконується по монтажних схемах, показаних на рис. 5-27.

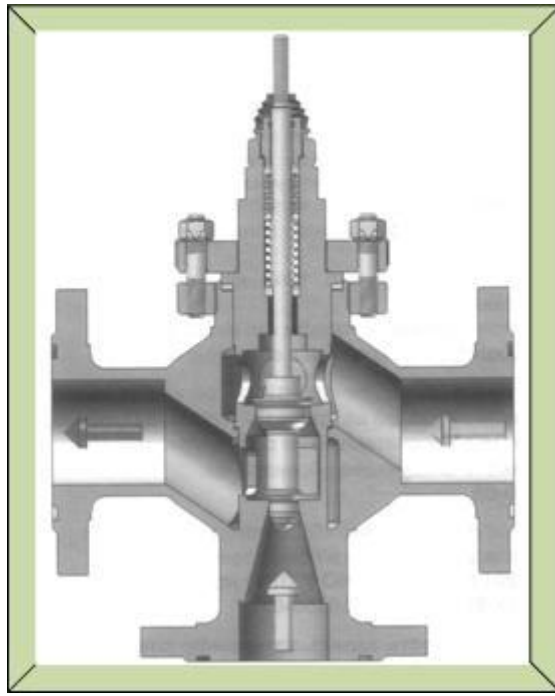


Рис. 5-24. Конструкція трьохходового клапану для змішування потоків у трубопроводі.

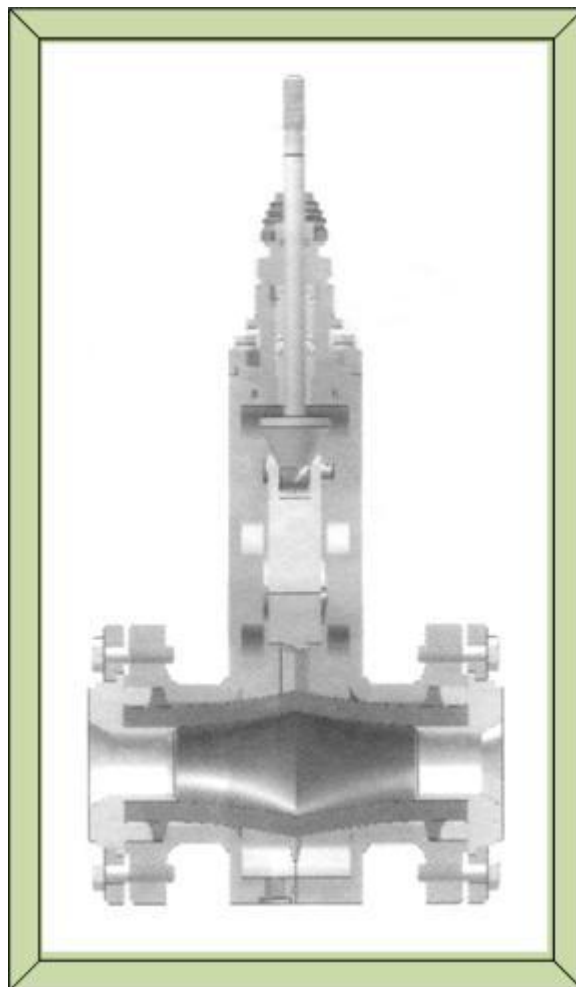


Рис. 5-25. Конструкція шлангового клапану для регулювання забруднених потоків.



Рис. 5-26. Зображення пневматичних регулювальних клапанів.

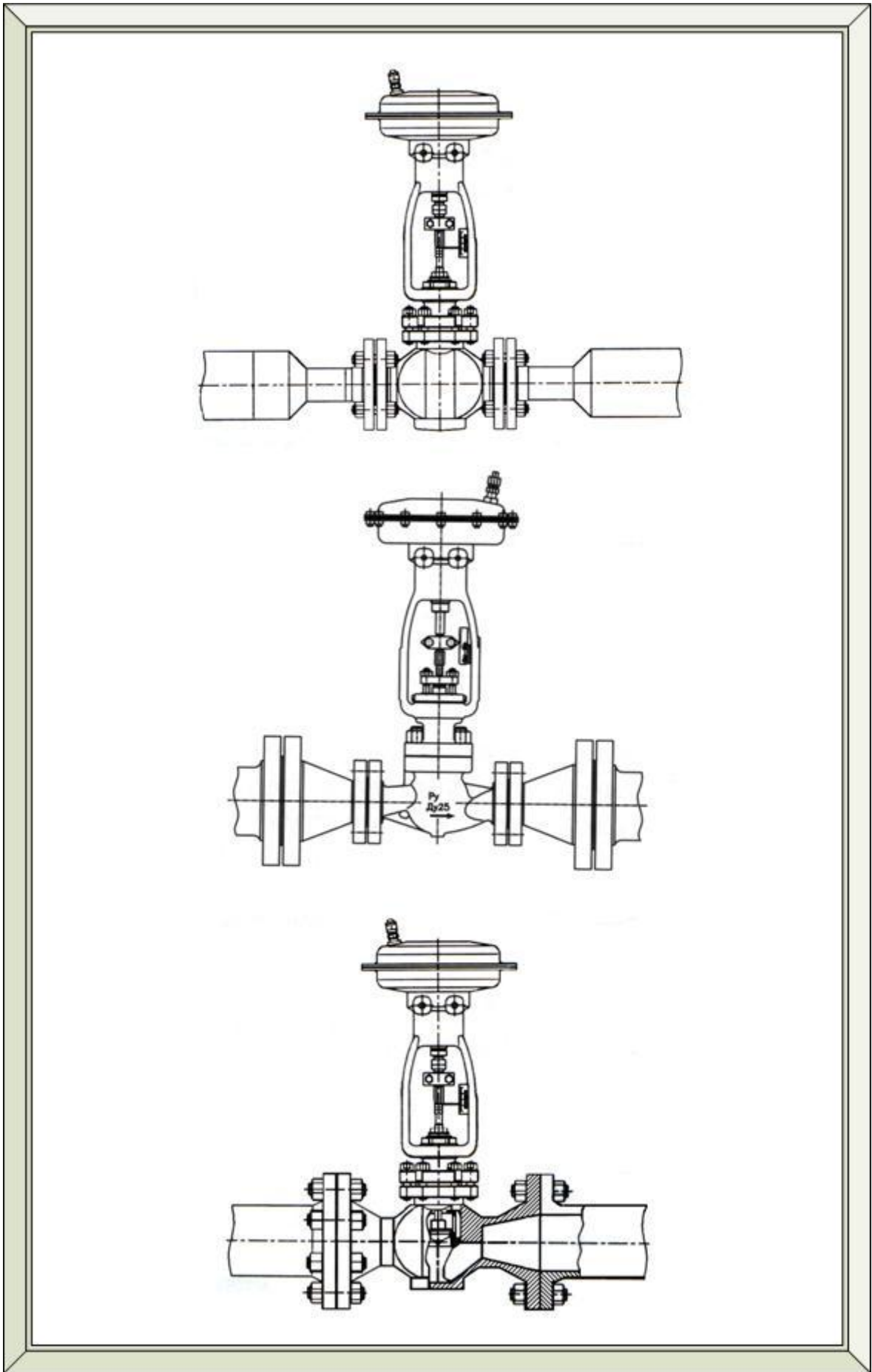


Рис. 5-27. Монтажні схеми до закріплення регулювальних клапанів на трубопроводах.

5.3 Перетворювачі сигналів для пневматичних регулювальних клапанів

У схемі автоматизації хімічного реактора (рис. 4-12) передбачено використання перетворювачів стандартного електричного сигналу від регулятора у пневматичний пропорційний стандартний сигнал (поз. 3-5), (поз. 4-5) та (поз. 7-5) для передачі на пневматичні регулювальні клапани (поз. 3-6), (поз. 4-6) та (поз. 7-6). Якісне перетворення стандартного електричного сигналу автоматичного регулятора у пневматичний пропорційний стандартний сигнал може забезпечувати перетворювач марки «ЕПП-300» (рис. 5-28), який закріплюється на стойках пневматичного приводу по схемі рис. 5-29 і одночасно з'єднуватися зі штоком клапану для формування зворотного електричного стандартного сигналу з положення клапану (% відкриття трубопроводу).

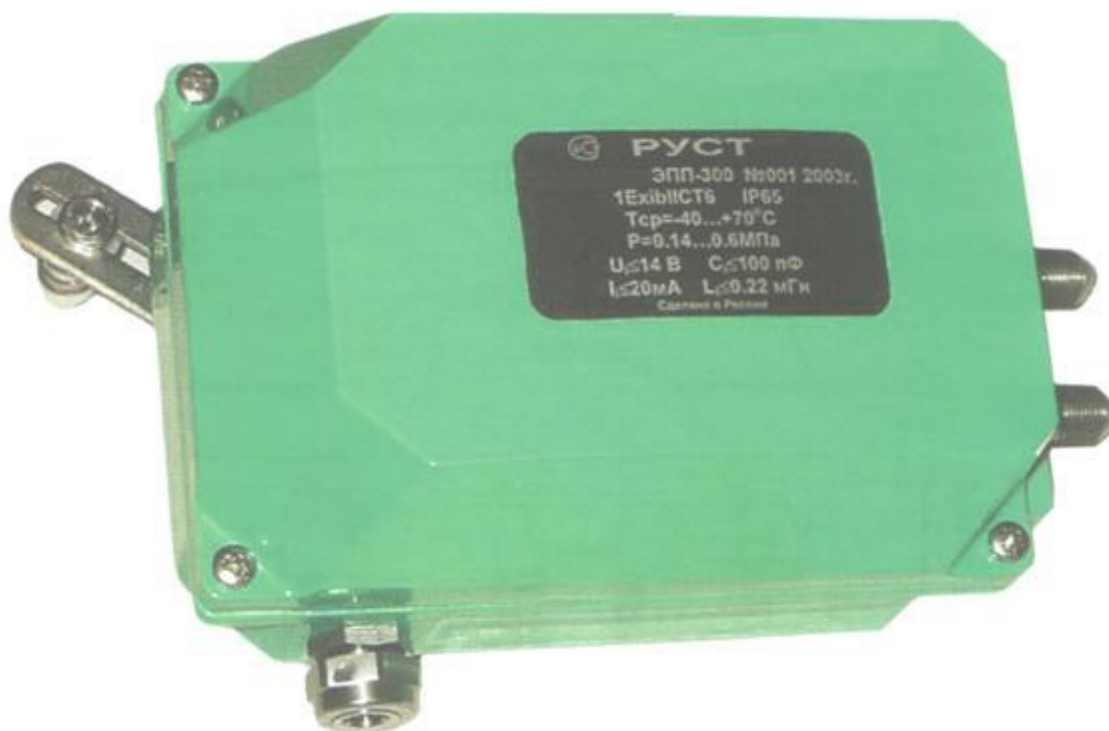


Рис. 5-28. Перетворювач електричного стандартного струмового сигналу від регулятора у стандартний пневматичний сигнал.

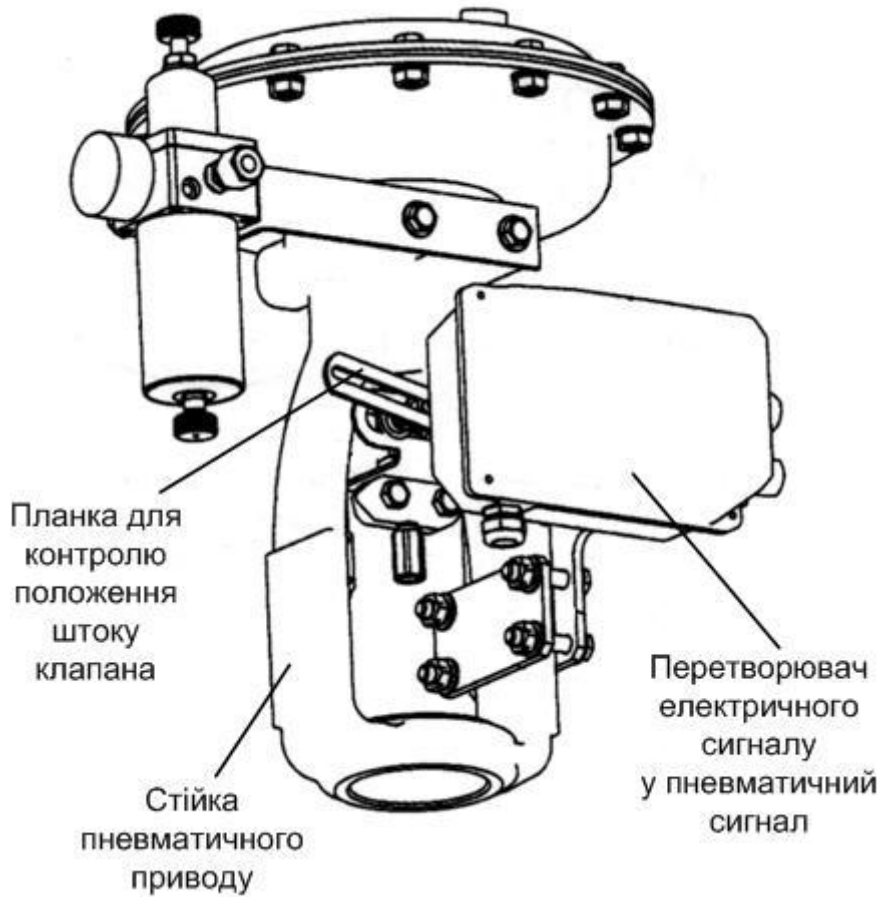


Рис. 5-29. Схема монтажу на пневматичному приводі перетворювача електричного сигналу від регулятора у пневматичний сигнал.

5.4 Технічні засоби для дистанційного керування електромоторами

У схемі автоматизації хімічного реактора (рис. 4-12) передбачені технічні засоби для дистанційного вмикання та вимикання живлення електромоторів М1, М2 та М3. Для вмикання живлення (поз. SB2), (поз. SB4) і (поз. SB6) можна використовувати кнопки, зображення до яких показано на рис. 5-30. Для вимикання живлення (поз. SB1), (поз. SB3) та (поз. SB5) можна використовувати кнопки, зображення до яких показано на рис. 5-31. При натисканні кнопок для дистанційного керування електромоторами також вмикаються і вимикаються відповідні сигнальні елементи HL3, HL5 червоного кольору та HL4, HL6 зеленого або іншого кольору (білий, жовтий, фіолетовий і інші). Зображення сигнальних елементів для HL3, HL5 та HL4, HL6 показані на рис. 5-32.



Рис. 5-30. Кнопки для дистанційного вмикання живлення електродвигунів.



Рис. 5-31. Кнопки для дистанційного вимикання живлення електродвигунів.



Рис. 5-32. Сигнальні елементи для контурів дистанційного керування електромоторами.

У контурах для дистанційного керування живленнями електромоторів (рис. 4-12) передбачено встановлення перемикачів (вимикачів) SA1, SA2 та SA3 для відключення ланцюга живлення магнітних пускачів МП1, МП2 та МП3 при виконанні ремонтних робіт по технологічному обладнанню або робіт по обслуговуванню електромотора. Перемикачі SA1, SA2 та SA3 (рис. 5-33) потрібно встановлювати відповідно до виконання правил техніки безпеки при проведенні робіт з електричним обладнанням технологічного процесу.



Рис. 5-33. Перемикачі для відключення ланцюга до живлення магнітного пускача.

При натисканні на кнопки SB1 та SB2 спрацьовує електромагнітне реле (контактор) магнітного пускача МП1 і також натискання на кнопки SB3 та SB4 викликає спрацьовування електромагнітного реле (контактора) магнітного пускача МП2, а натискання на кнопки SB5 та SB6 викликає спрацьовування електромагнітного реле (контактора) магнітного пускача МП3. Реле магнітних пускачів МП1, МП2 та МП3 (рис. 5-34) мають контакти нормально замкнені і нормально розімкнуті, які розраховані на робочі струми живлення відповідно до потужності електромотора. Останнім часом стали використовуватися магнітні пускачі з плавним пуском, тобто виконується зростання напруги живлення і обертів електромотора у часі.



Рис. 5-34. Магнітні пускачі для дистанційного вмикання і вимикання живлення електромотора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Клюев, А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие [Текст] / Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Клюев; под. ред. А. С. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.– Библиограф.: с. 459-461.– 31000. ISBN 5-283-01-505-X.

2. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямком «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліограф.: с. 230-231. – 200 пр.. ISBN 978-966-622-287-2.

3. Кожухар, В. Я. Автоматичні системи керування хіміко-технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. для студ. хім.-технол. спец. / В. Я. Кожухар, В. В. Брем, Ю. Ф. Каверін. – Одеса: Екологія, 2005. – 222 с.– Бібліогр.: с. 221. – 300. ISBN 966-8740-06-8.

4. Клюев, А. С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля [Текст] / под ред. А. С. Клюева. – М.: Энергоиздат, 1991. – 432 с.– Библиогр.: с. 431.

5. Средства автоматизации технологических процессов. Каталог продукции ООО «МИКРОЛ» – 2008. – 64 с. Украина, 76036, г. Ивано-Франковск, ул. Автолитмашевская, 5. <http://www.microl.ua>

6. Регулирующие устройства и приборы автоматического управления. Каталог продукции ЗАО «РУСТ-95» – 2007.– 56 с. 117342, г. Москва, ул. Бултерова, 17 <http://www.roost.ru>

7. Клапаны с электроприводом. Каталог продукции ПНФ ЛГ «Автоматика» – 2008.– 14 с. <http://www.klapan.ru>

8. Клапаны с пневмоприводом. Каталог продукции ПНФ ЛГ «Автоматика» – 2008.– 14 с. <http://www.klapan.ru>

9. Измерение уровня в сложных применениях – надежно и без усилий. Каталог продукции «Emerson Process Management» – 2008.– 6 с. 454138, г. Челябинск, проспект Комсомольский, 29, а/я 11608. <http://www.metran.ru>

10. Технологии измерения расхода. Каталог продукции «Emerson Process Management» – 2008.– 6 с. 454138, г. Челябинск, проспект Комсомольский, 29, а/я 11608. <http://www.metran.ru>

11. Компоненты систем электроснабжения и автоматизации в промышленности. Каталог продукции ООО «СВ Альтера» – 2007. – 210 с. 03680, г. Киев, бульвар И. Лепсе, 4. <http://www.svaltera.ua>

12. Промышленное электрооборудование. Каталог продукции CHINT «ELECTRONICS Ltd» – 2007.– 143 с. 03022, г. Киев, ул. Васильковская, 30, офис 507. <http://www.chint.net.ua>

ПРИКЛАД СПЕЦИФІКАЦІЇ НА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

Додаток Д1.

до схеми автоматизації технологічного процесу хімічного реактора (рис. 3-12). Таблиця № Д1.

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище і місце контролю	Граничні значення параметру	Місце монтажу	Назва пристрою і характеристика	Тип моделі	Кількість	Виробник, постачальник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль температури потоку сировини А								
Поз. 1-1	Температура потоку сировини А	Трубопровід з сировиною А	40...60°C	По місцю	Термометр опору, $R_o = 50 \text{ Ом}$, $-50...180^\circ\text{C}$, $I_{\text{вимір/мак}} = 5 \text{ мА}$, $W_{100} = 1,4280$	50М	1	м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»
Поз. 1-2	Температура потоку сировини А	-	-	По місцю	Перетворювач сигналу від термометра опору ТСМ для передачі сигналу 4...20 мА до пульта керування	БПО-32	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 1-3	Температура потоку сировини А та сигналізація	-	40...60°C	Пульт керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-17-К01, вихід АО1= 4...20мА	ІТМ-11	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
КМ1	Технологічна сигналізація	-	-	Пульт керування	Реле електромагнітне, жив/мак АС 400V/DC24V контакти АС1 16А/250V, контакти DC1 16А/24V,	RM63	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
НЛ1	Технологічна сигналізація	-	40...60°C	Пульт керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 годин, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40		м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»

Регулювання рівня робочої маси у хімічному реакторі								
Поз. 2-1	Рівень маси у реакторі	Об'єм хімічного реактора	0,5...4,5 м	Кришка хімічного реактора	Радарний рівнемір, FMCW-радар (8,5-9,9 ГГц), рідина/сипучі матеріали, 0...40 м, температура до 250°C, тиск до 400 bar	BM70A	1	м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КА-НЕКСКРОНЕ»
Поз. 2-2	Рівень маси у реакторі, показ і сигналізація	Об'єм хімічного реактора	0,5...4,5 м	Панель приладів біля хімічного реактора	Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутації КБЗ-17-К01, вихід АО1= 4...20мА	ІТМ-11	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 2-3	Рівень маси у реакторі	Об'єм хімічного реактора	0,5...4,5 м	Пульт керування	ПІД-регулятор багатофункціональний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-28К-11, вихід АО1= 4...20мА	МІК-21	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 2-4	Рівень маси у реакторі	Об'єм хімічного реактора	0,5...4,5 м	Трубопровід на виході з реактора	Регулювальний клапан, вхідний сигнал 4...20мА, живлення 230 В, кор.стійке вилів корпусу А351/ CF8М , Р _у = 40, Ду 100: IV-S1	Samson 3274	1	м. Київ, вул. М. Раскової. 19, офіс 905
Регулювання витрати сировини А на вході у хімічний реактор								
Поз. 3-1	Витрата сировини А	Вхідний трубопровід з потоком сировини А	2000...2500 кг/год	Вхідний трубопровід реактора	Витратомір з коріюлісових сил, одна пряма вимірювальна труба, DN 80, від 950 ...4000 кг/год, клас:0,1 %, температура потоку -40 ...+150°C	Optimass 7000	1	м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КА-НЕКС КРОНЕ»

Поз. 3-2	Витрата сировини А	-	-	Вхідний трубопровід реактора	Електричний блок з формування вихідного сигналу АО1 4...20 мА, живлення 220 В	Блок Optimass 7000-E	1	м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КАНЕКС КРОНЕ»
Поз. 3-3	Витрата сировини А	-	2000...2500 кг/год	Пульт керування	ПІД-регулятор багатофункціональний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-28К-11, вихід АО1= 4...20мА	МІК-21	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 3-4	Управління вихідним сигналом регулятора	-	-	Пульт керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 4...20мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 3-5	Перетворювач вихідного сигналу регулятора	-	-	На корпусі регулювального клапану	Перетворювач електричного сигналу в пневматичний сигнал, АІ1= 4...20мА / 0,2...1,0 кг/см ² , з влаштованим електричним контролером положення штоку клапану, АО1= 4...20мА	ЭПП-300	1	м. Київ, вул. проспект Возз'єднання 15, офіс 803 «ООО СОФТЕК»
Поз. 3-6	Регулювання витрати сировини А	-	2000...2500 кг/год	Вхідний трубопровід реактора	Пневматичний регулювальний клапан, Ду=150, Ру=25, температура до 225°С	РУСТ 510-1	1	м. Київ, вул. проспект Возз'єднання 15, офіс 803 «ООО СОФТЕК»

Регулювання співвідношення витрати сировини Б на вході у хімічний реактор

Поз 4-1	Регулювання співвідношення витрати сировини Б	Вхідний трубопровід з потоком сировини Б	600...800 кг/год	Вхідний трубопровід реактора	Електромагнітний витратомір, Ду=150 мм, основна похибка 0,5 %, робочий тиск потоку 4,00 МПа, вихідний сигнал 4...20 мА, корпус захищений Ехіа	Метран-370	1	м. Київ, вул. Гарматна, 2, офіс 407
Поз. 4-2	-	Вхідний трубопровід з потоком сировини Б		Вхідний трубопровід реактора	Електронний блок витратоміра для дистанційної передачі сигналу	Метран-370	1	м. Київ, вул. Гарматна, 2, оф. 407
Поз. 4-3	Регулювання співвідношення витрати сировини Б	-	600...800 кг/год	Пульт керування	ПІД-регулятор багатофункціональний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-28К-11, вихід АО1= 4...20мА	МІК-25	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 4-4	Регулювання співвідношення витрати сировини Б	-	-	Пульт керування	Блок ручного управління, АП1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 4...20мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7		м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 4-5	Перетворювач вихідного сигналу регулятора	-	-	На корпусі регулювального клапану	Перетворювач електричного сигналу в пневматичний сигнал, АП1= 4...20мА / 0,2...1,0 кг/см ² , з влаштуванням електричним контролером положення штоку клапану, АО1= 4...20мА	ЭПП-300	1	м. Київ, вул. проспект Возз'єднання 15, офіс 803 «ООО СОФТЕК»

Поз. 4-6	Регулювання витрати сировини Б	-	600...800 кг/год	Вхідний трубопровід реактора	Пневматичний регулювальний клапан, Ду = 75, Ру = 25, температура до 225°C	РУСТ 510-1	1	м. Київ, вул. проспект Возз'єднання 15, офіс 803 000 «СОФТЕК»
Контроль рН потоку суміші на виході реактора								
Поз. 5-1	Контроль рН потоку суміші на виході реактора	Вихідний трубопровід з потоком суміші	4,0...5,5	Вихідний трубопровід реактора	Проточний блок для вимірювання рН з вихідним сигналом 0..20 мА	ПП-10-1	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, 000 «МІКРОЛ»
Поз. 5-2	-	-	0...8,0	Вихідний трубопровід реактора	Мікропроцесорний контролер рН, плата комутацій КБЗ-8-07, вихід АО1= 4...20мА	ПП-10-2	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, 000 «МІКРОЛ»
Контроль температури потоку сировини Б								
Поз. 6-1	Температура потоку сировини Б	Трубопровід з сировиною Б	60...80°C	По місцю	Термометр опору, R _o =50 Ом, -50...180°C , I _{вимір/макс} =5 мА, W ₁₀₀ =1,42	50М	1	м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»
Поз. 6-2	Температура потоку сировини Б	-	-	По місцю	Перетворювач сигналу від термометра опору ТСМ для передачі сигналу 4...20 мА до пульта керування	БПО-32	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, 000 «МІКРОЛ»
Поз. 6-3	Температура потоку сировини Б та сигналізація	-	60 ... 80°C	Пульт керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-17-К01, вихід АО1= 4...20 мА	ІТМ-11	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, 000 «МІКРОЛ»

КМ2	Технологічна сигналізація	-	-	Пульт керування	Реле електромагнітне, контакти АС1 16А/250V, контакти DC1 16А/24V? тах живлення АС 400V/DC 24 V	RM63	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
НЛ2	Технологічна сигналізація	-	60 ... 80°C	Пульт керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 годин, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40		м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
Регулювання температури суміші на виході хімічного реактора								
Поз. 7-1	Температура потоку суміші на виході реактора	Трубопровід суміші	130...150°C	По місцю	Термометр опору, $R_o = 50 \text{ Ом}$, $-50...180^\circ\text{C}$, $I_{\text{вимір/макс}} = 5 \text{ мА}$, $W_{100} = 1,4280$	50М	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
Поз. 7-2	Температура потоку суміші на виході реактора	-	-	По місцю	Перетворювач сигналу від термометра опору ТСМ для передачі сигналу 4...20 мА до пульта керування	БПО-32	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 7-3	Температура потоку суміші на виході реактора	-	130...150°C	Пульт керування	ПІД-регулятор багатофункціональний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-28К-11, вихід АО1= 4...20мА	МІК-21	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
Поз. 7-4	Управління вихідним сигналом регулятора	-	-	Пульт керування	Блок ручного управління, АП1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 4...20мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	1	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

Поз. 7-5	Перетворення вихідного сигналу регулятора	-	-	На корпусі регулювального клапану	Перетворювач електричного сигналу в пневматичний сигнал, АІ1= 4...20мА / 0,2...1,0 кг/см ² , з влаштованим електричним контролером положення штоку клапану, АО1= 4...20мА	ЭПП-300	1	м. Київ, вул. проспект Возз'єднання 15, офіс 803 000 «СОФТЕК»
Поз. 7-6	Регулювання температури суміші	-	130...150°С	Вхідний трубопровід пари	Пневматичний регулювальний клапан, Ду=150, Ру=25, температура до 225°С	РУСТ 510-1	1	м. Київ, вул. проспект Возз'єднання 15, офіс 803 000 «СОФТЕК»
Дистанційне управління електромотором М1 відцентрового насосу								
МП1	Вмикання або вимикання живлення М1	Насос потоку сировини А	380 В, 10 кВт	Пульт керування	Магнітний пускач, робочий струм 23 А, допустима потужність електромотора 10кВт, живлення 380 В, з тепловим реле ТРН-8	ПМЕ-222	1	м. Київ вул. Магнітогорська 1а «ТЕХНОТОН»
SA1	Підключення або відключення МП1	-	-	Пульт керування	Кулачковий перемикач ланцюга живлення МП1	4G25-10-US5-R112	1	м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20
SB1	Вимикання живлення М1	-	-	Пульт керування	Кнопка управління, типу АСКО, червона «Стоп»	XB2-BA31	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
HL3	Сигналізація з вимикання живлення М1	-	220 В	Пульт керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 годин, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40		м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»

SB2	Вмикання живлення М1	-	-	Пульт керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Старт»	XB2-BA42	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
HL4	Сигналізація з вмикання живлення М1	-	220 В	Пульт керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 годин, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40		м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»
Дистанційне управління електродвигуном М2 змішувача								
МП2	Вмикання або вимикання живлення М2	Змішувач хімічного реактора	380 В, 10 кВт	Пульт керування	Магнітний пускач, роб. струм 23 А, допустима потужність електродвигуна 10кВт, живлення 380 В, з тепловим реле ТРН-8	ПМЕ-222	1	м. Київ вул. Магнітогорська 1а «ТЕХНОТОН»
SA2	Підключення або відключення МП2	-	-	Пульт керування	Кулачковий перемикач ланцюга живлення МП2	4G25-10-US5-R112	1	м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20
SB3	Вимикання живлення М2	-	-	Пульт керування	Кнопка з підсвічуванням, червона, рівень захисту ІР 66, 220 В,	ELFIN030	1	м. Київ вул. Кіквідзе, 43 ООО «КВК-Електро»
SB4	Вмикання живлення М2	-	-	Пульт керування	Кнопка з підсвічуванням, зелена, рівень захисту ІР 66, 220 В,	ELFIN030	1	м. Київ вул. Кіквідзе, 43 ООО «КВК-Електро»
Дистанційне управління електродвигуном М3 роторного насосу								
МП3	Вмикання або вимикання живлення М3	Насос потоку сировини А	380 В, 10 кВт	Пульт керування	Магнітний пускач, роб. струм 23 А, допустима потужність електродвигуна 10кВт живлення 380 В, з тепловим реле ТРН-8	ПМЕ-222	1	м. Київ вул. Магнітогорська 1а «ТЕХНОТОН»

SA3	Підключення або відключення МПЗ	-	-	Пульт керування	Кулачковий перемикач ланцюга живлення МП1	4G25-10-US5-R112	1	м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20
SB5	Вимикання живлення МЗ	-	-	Пульт керування	Кнопка управління, типу АСКО, червона «Старт»	XB2-BA31	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
HL5	Сигналізація з вимикання живлення МЗ	-	220 В	Пульт керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 годин, тип цоколю E27/27	B215-225-40		м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»
SB6	Вмикання живлення МЗ	-	-	Пульт керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Старт»	XB2-BA42	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
HL6	Сигналізація з вимикання живлення МЗ	-	220 В	Пульт керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год., тип цоколю E27/27	B215-225-40		м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»