

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **“Автоматизація технологічного процесу виробництва
арсеніту кальцію”**

Виконав: студент гр. Акт-42 сп
Спеціальності 151 – „Автоматизація та
комп’ютерно-інтегровані технології”
(шифр і назва)

Сабадаш Арсен Андрійович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Лиса О.В.
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: д.т.н., проф. Власовець В.М.
(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Спеціальність 151 – „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____

д.т.н., проф. А.М. Тригуба

“ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Сабадаш Арсен Андрійович

1. Тема роботи: «Автоматизація технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію»

Керівник роботи Лиса Ольга Володимирівна, к.т.н., доцент.

Затверджені наказом по університету від 27 листопада 2023 року № 641/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 14.06.2024 р.

3. Початкові дані до роботи: 1. Технологічна карта виробництва арсеніту кальцію; 2. Функціональні ознаки технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію; 3. ДСТУ, СНіПи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Аналіз технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію як об’єкта керування

2. Техніко-економічне обґрунтування вибору функціональної схеми та технічних засобів автоматизації процесу виробництва арсеніту кальцію.

3. Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію

4. Охорона праці

5. Розрахунок економічної ефективності проектованої системи автоматизації
Висновки.

Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік презентаційного матеріалу : _____
Тема, автор, керівник роботи. Технологічна схема процесу утворення арсеніту кальцію мокрим способом. Технологічна карта виробництва арсеніту кальцію. Структурна схема взаємозв'язків між технологічними параметрами та факторами, що впливають на роботу реактора. Схеми автоматизації технологічного процесу синтезу арсеніту. Функціональна схема автоматизації технологічного процесу синтезу арсеніту. Структурна схема регулювання рівня, реалізована в середовищі SIMULINK
Перехідний процес у САР із ПД-регулятором

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	<i>Лиса О.В., доцент кафедри інформаційних технологій</i>		
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання 28 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу та означення головних завдань роботи</i>	28.11.23- 21.01.24	
2	<i>Виконання другого розділу та формування головних показників для розрахунків</i>	23.01.24- 01.03.24	
3.	<i>Виконання третього розділу та узагальнення отриманих результатів роботи</i>	02.03.24- 01.04.24	
4.	<i>Виконання четвертого розділу та узагальнення вимог охорони праці</i>	02.04.24- 21.04.24	
5.	<i>Вартісне оцінення ефективності пропозицій роботи</i>	22.04.24- 06.05.24	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i>	07.05.24- 22.05.24	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	23.05.24- 14.06.24	

Студент _____ Сабадаш А.А.
 (підпис)

Керівник роботи _____ Лиса О.В.
 (підпис)

УДК 631.365.2

Автоматизація технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію.
Сабадаш А.А. – Кваліфікаційна робота бакалавра. Кафедра інформаційних технологій – Дубляни, ЛНУП, 2024.

76 с. текст. част., 19 рис., 4 табл., 13 літ. джерел, 3 додатки.

Текстова частина включає вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел.

У вступі висвітлено суть процесу виробництва арсеніту кальцію, обгрунтовано необхідність автоматизації даного технологічного процесу.

В першому розділі подано опис технологічного процесу, матеріальний та тепловий баланс процесу, наведені теоретичні основи технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію в технологічних апаратах.

В другому розділі визначено і проаналізовано фактори, що впливають на технологічний процес, виконано порівняльний аналіз існуючих схем автоматизації технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію, вибір технічних засобів автоматизації, розробку конфігурації та програмного забезпечення функціонування мікропроцесорного контролера, розробку принципів електричних схем зовнішніх з'єднань мікропроцесорних засобів.

У третьому розділі виконано розрахунок і моделювання системи автоматичного регулювання: вибрано структуру моделі, розраховано параметри моделі, розраховано параметрів настроювання автоматичного регулятора, описано схеми автоматизації, подано специфікацію засобів автоматизації.

У четвертому розділі розроблені заходи з охорони праці і навколишнього середовища. У п'ятому розділі розраховано економічну ефективність від впровадження запропонованої системи автоматизації.

На підставі виконаної роботи зроблено відповідні висновки.

Ключові слова: автоматизація, технічні засоби, контролер, функціональна схема автоматизації, моделювання.

АНОТАЦІЯ

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розроблення нової системи керування технологічним процесом виробництва арсеніту кальцію. Визначено і проаналізовано фактори, що впливають на технологічний процес, виконано порівняльний аналіз існуючих схем автоматизації технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію, вибір технічних засобів автоматизації, розробку конфігурації та програмного забезпечення функціонування мікропроцесорного контролера, розробку принципів електричних схем зовнішніх з'єднань мікропроцесорних засобів. Запропонована система керування розроблена на основі малоканального багатofункціонального мікропроцесорного контролера „Реміконт Р-130”. Впровадження мікропроцесорних технічних засобів підвищить надійність управління даним технологічним процесом.

ABSTRACT

The goal of the bachelor's qualification work is to develop a new control system for the technological process of calcium arsenite production. Factors affecting the technological process were determined and analyzed, a comparative analysis of existing automation schemes of the technological process of calcium arsenite production was performed, the selection of technical means of automation, the development of the configuration and software for the functioning of the microprocessor controller, the development of the basic electrical diagrams of the external connections of the microprocessor means. The proposed control system is developed on the basis of the "Remicont R-130" low-channel multifunctional microprocessor controller. The introduction of microprocessor technical means will increase the reliability of the management of this technological process.

Зміст

Вступ		8
1. Аналіз технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію як об'єкта керування		10
1.1. Опис технології процесу виробництва арсеніту кальцію		10
1.2. Теоретичні основи технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію в технологічних апаратах		11
1.3. Матеріальний та тепловий баланси процесу виробництва арсеніту кальцію		15
1.4. Визначення і аналіз факторів, що впливають на технологічний процес виробництва арсеніту кальцію		18
1.5. Обґрунтування номінальних значень параметрів технологічного процесу та допустимих відхилень від цих значень		20
1.6. Структурна схема взаємозв'язку між технологічними параметрами процесу виробництва арсеніту кальцію		23
2. Техніко-економічне обґрунтування вибору функціональної схеми та технічних засобів автоматизації процесу виробництва арсеніту кальцію		26
2.1. Визначення об'єму автоматизації технологічного процесу		26
2.2. Визначення функціональних ознак систем автоматизації		28
2.3. Порівняльний аналіз існуючих схем автоматизації технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію		28
2.4. Вибір локальних технічних засобів автоматизації		33
2.5. Вибір мікропроцесорного засобу автоматизації		35
2.6. Розробка конфігурації та програмного забезпечення функціонування мікропроцесорного контролера		42
2.7. Розробка принципів електричних схем зовнішніх з'єднань мікропроцесорних засобів		46

3. Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію	49
3.1. Складання математичної моделі об'єкта регулювання і розрахунок її параметрів	49
3.2. Вибір і обґрунтування вимог до перехідного процесу контуру регулювання	50
3.3. Визначення закону регулювання	51
3.4. Розрахунок оптимальних настроювальних параметрів регулятора	52
3.5. Розрахунок і побудова перехідного процесу САР	57
3.6. Опис схем автоматизації	58
3.7. Специфікація на засоби автоматизації	61
4. Охорона праці	64
4.1. Аналіз стану виробничої санітарії і гігієни праці	64
4.2. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці	65
4.3. Пожежна безпека	69
5. Розрахунок економічної ефективності проекрованої системи автоматизації	71
Висновки	75
Список використаних джерел	79

ВСТУП

Солі миш'яку та миш'якової кислоти, або арсеніти та арсенати, переважно кальцію та натрію, є, як правило, найбільш важливими та широко використовуваними типами солей миш'яку. На основі цих солей виготовляють різноманітні засоби медицини, препарати для сільського господарства.

Арсеніт кальцію як вибраний мною продукт виробництва утворюється в реакторі неперервної дії. Його широко використовують в якості отрути для боротьби зі шкідниками в сільському господарстві та при опиленні бавовняних полів. Ця речовина дуже ефективна проти всіх основних видів шкідників.

За типом конструкції хімічні реактори поділяють на ємнісні, колонні, трубчасті.

Для даного технологічного процесу застосовують реактор ємнісного типу. Хімічні реактори ємнісного типу – це порожнисті апарати, часто забезпечені перемішувачем. Теплообмін здійснюється через поверхню хімічного реактора або шляхом часткового випарювання рідкого компонента реакційної суміші. До реакторів цього типу відносять також апарати з нерухомим або псевдо зрідженим шаром (одним або декількома) каталізатора. У багат шарових реакторах теплообмін здійснюється змішуванням потоків реагентів або в теплообмінних елементах апарату. У хімічних реакторах ємнісного типу проводять неперервні, періодичні і напів періодичні процеси хімічної промисловості.

Вибраний мною реактор неперервної дії у виробництві арсеніту кальцію має закладений в собі принцип ідеального перемішування реагуючої суміші та принцип теплової віддачі а саме – ізотермічний режим, коли реакція не завжди супроводжується тепловим ефектом, а тому потрібен тепловий агент і поверхня теплообміну.

Автоматизація технологічного процесу є вирішальним фактором підвищення продуктивності праці, покращення якості продукції, що випускається і безпеки виробництва, оскільки даний продукт реакції є агресивним.

Якість будь-якої автоматичної системи регулювання залежить від того, як добре вона спроектована, змонтована, налагоджена та як експлуатується.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розроблення нової системи керування технологічним процесом виробництва арсеніту кальцію. Запропонована система керування розроблена на основі малоканального багатофункціонального мікропроцесорного контролера „Реміконт Р-130”. Впровадження мікропроцесорних технічних засобів підвищить надійність управління даним технологічним процесом.

Об’єктом дослідження є процес виробництва арсеніту кальцію

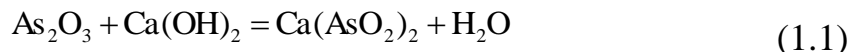
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АРСЕНІТУ КАЛЬЦІЮ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1. Опис технології процесу виробництва арсеніту кальцію

В загальному випадку із солей миш'яку мають найбільше значення і використовуються у великих кількостях солі миш'яковистої і миш'якової кислот – арсеніти і арсенати – головним чином кальцієві і натрієві. На основі цих солей виготовляють різноманітні засоби медицини, препарати для сільського господарства.

Існують два способи виробництва – мокрий та напівсухий. Технологічним процесом в даній роботі є процес утворення арсеніту кальцію мокрим методом. Слово «мокрый» означає що порошкоподібний зазвичай ангідрид миш'яку в цьому методі використовують у виді рідкої (розбавлений у воді) форми – розчин миш'яковистого ангідриду.

Арсеніт кальцію отримують розчиненням миш'яковистого ангідриду в розчині вапняного молока за такою реакцією:



При цьому арсеніт кальцію виділяється в осад. Вапно, що використовується в процесі утворення арсеніту кальцію (та інших миш'яковистих препаратах), повинно легко гаситись водою і містити не менше 92% активного оксиду кальцію (або 70% активного оксиду кальцію в пушинці).

При мокрому способі виробництва в реактор з мішалкою і теплообмінником (у вигляді оболонки через яку протікає гаряча вода) заливають вапняне молоко, нагрівають до 85÷90°C і вводять при перемішуванні рідкий миш'яковистий ангідрид.

Кількість вапняного молока беруть із 10÷15%-им надлишком (по CaO) від теоретичного необхідного. Рідкий миш'яковистий ангідрид завантажують в реактор із нагрітим вапняним молоком протягом 20÷30 хвилин, а потім постійно беруть пробу на густину зв'язування миш'яку. Якщо в розчині більше 5г/л As_2O_3 , то добавляють розраховану кількість вапняного молока.

На виробництво 1т технічного арсеніту кальцію мокрим способом потрібно:

- 0,678 тонни білого миш'яку або миш'яковистого ангідриду (100% As_2O_3);
- 0,335 тонни CaO (100%) у вигляді вапняного молока;
- 0,3 тонни умовного пального;
- 350 (кВт.год) електричної енергії;
- 25 м³ води;

Спрощена технологічна схема процесу утворення арсеніту кальцію мокрим способом зображена на рис. 1.1.

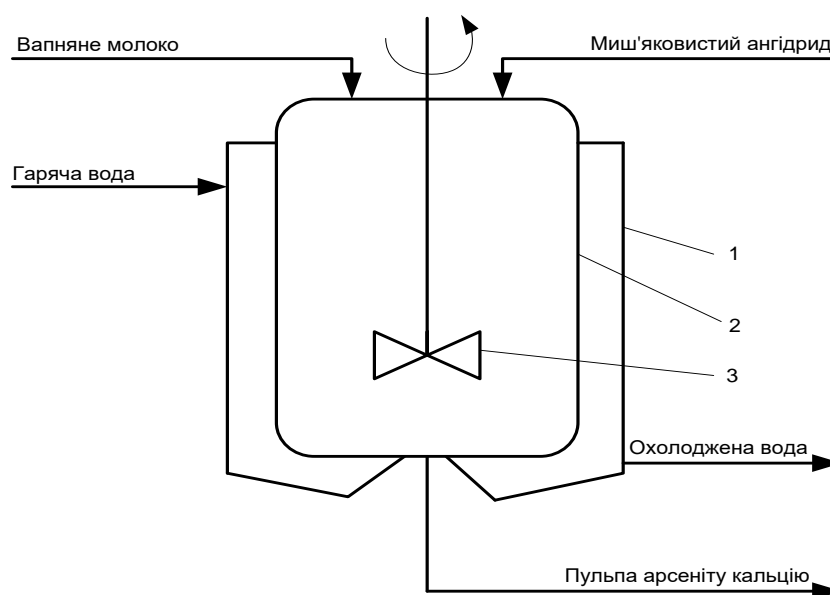


Рис.1.1. Технологічна схема процесу утворення арсеніту кальцію мокрим способом: 1 – оболонка теплообмінника з гарячою водою; 2 - реактор; 3 - мішалка із електроприводом

В якості показника ефективності процесу утворення арсеніту кальцію мокрим способом в реакторі неперервної дії з ідеальним перемішуванням є концентрація вхідного компонента (білого миш'яку – миш'яковистого ангідриду As_2O_3) в кінцевому продукті яким є пульпа арсеніту кальцію ($Ca(AsO_2)_2$), а задачею буде отримати суміш з визначеною концентрацією цього компоненту.

1.2. Теоретичні основи технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію в технологічних апаратах

Процес утворення (виробництва) арсеніту кальцію в промислових умовах мокрим способом ведеться в хімічному реакторі неперервної дії.

У всіх хімічних реакторах мають місце визначені фізичні процеси, з допомогою яких створюються оптимальні умови проведення хімічного процесу. Для забезпечення фізичних етапів процесу реактори мають в своїй структурі прості апарати або елементи апаратів (мішалки, теплообмінні сорочки). Таким чином, хімічний реактор можна розглядати як комплексний апарат, що складається з визначеного переліку простих апаратів або елементів апаратів, більшість із яких використовуються для проведення етапів процесу, що супроводжують хімічну реакцію. Число таких можливостей і бажаних співвідношень, а відповідно, і кількість типів реакторів, дуже велике, і деякі із них мають між собою значні розбіжності. Разом з тим існують і однакові для всіх реакторів елементи, на основі яких можна складати закономірності, що дають уявлення про можливості хімічного процесу. Такими елементами є:

1. Неперервність операції (реактори неперервної дії)

Реактори неперервної дії мають неперервне живлення реагентами. Видалення продуктів реакції також неперервне. За виключенням періоду запуску і зупинки реактор працює в постійному режимі. Для таких реакторів тривалість реакції не може бути виміряна безпосередньо, оскільки в реакційному просторі змінюється не тільки склад, але і температура, число моделей, об'єм і лінійна швидкість реагентів. В цьому випадку замість тривалості реакції використовують поняття часу контакту фаз. Час контакту визначається як відношення об'єму реакційної суміші V_r в реакторі (необхідного об'єму реактора) до об'єму витрати реагентів Q_v .

$$\tau = \frac{V_r}{Q_v}, \left[\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3/\text{год.}} \right] = \text{год.} \quad (1.2)$$

Величина, обернена часу контакту, носить назву об'ємної швидкості (V_0 або Q_v):

$$V_0 = \frac{1}{\tau} \quad (1.3)$$

2. Режим руху реакційної маси (повного перемішування)

В реакторі такого типу, а саме з повним перемішуванням, елемент об'єму миттєво перемішується із складовими реактора. Склад цього елемента різко змінюється від складу живлення до складу суміші в реакторі, що легко досягається з допомогою мішалки або інших конструктивних засобів. Наявність засобу перемішування створює такі умови, при яких реакційне середовище проходить через реактор велике число разів. Також в такому реакторі швидкість реакції в кожній точці також є однакою. Виходячи із цього отримуємо характеристичне рівняння реактора неперервної дії з повним перемішуванням:

$$\frac{V_r}{Q_m} = \frac{X_A - 0}{r_A} = \frac{X_A}{r_A} \quad (1.4)$$

Реактор з повним перемішуванням є ідеальним типом реакційних апаратів. Зміна концентрації реагентів в реакторі показана на рис. 1.2.

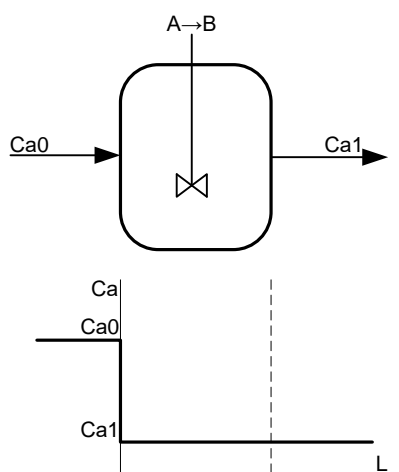


Рис.1.2. Зміна концентрації реагентів в реакторі неперервної дії з повним перемішуванням

3. Фазовий стан реагентів (гетерогенний)

Оскільки речовини, які потрапляють в реактор для виготовлення арсеніту кальцію знаходяться в різних агрегатних станах (рідкий миш'яковистий ангідрид – розбавлений у воді порошок, вапняне молоко - рідина), то наш реактор називається гетерогенним. Існує стільки типів гетерогенних реакторів, скільки комбінацій можна скласти із трьох агрегатів стану: газ, рідина і тверде тіло.

4. Тепловий режим (ізотермічний)

Ізотермічний реактор має одну, постійну температуру у всіх точках реакційного простору; швидкість реакції залежить тільки від складу. Так як реакція не завжди супроводжується значним тепловим ефектом, ізотермічні умови не можуть бути досягнуті одним виділенням або поглинанням тепла реакційним середовищем – необхідний тепловий агент і поверхня теплообміну. Ізотермічний режим роботи реактора використовується найширше із усіх видів.

Для кращого розуміння процесу утворення арсеніту кальцію недостатньо розглянути особливості самого апарату – реактору неперервної дії, а треба розглянути також технічні вимоги і особливості речовин що братимуть участь в реакції синтезу арсеніту кальцію мокрим способом.

Миш'яковистий ангідрид або триоксид миш'яку, As_2O_3 існує в трьох модифікаціях – аморфний, кубічний (октаедричний) і моноклінний. В даній роботі розглянутий як вхідний продукт аморфний ангідрид (густина його $3,74\text{г/см}^3$, існує при температурі $100\div 310^\circ\text{C}$, тиск $1\pm 0,2$ ат). Миш'яковистий ангідрид погано розчиняється у воді: розчинність при 100°C – 6г в 100г води. Як аморфний оксид As_2O_3 реагує з лугами і з кислотами.

Таблиця 1.1

Якість миш'яковистого ангідриду (склад компонентів у мас.*%)

Склад миш'яковистого ангідриду	Рафінований As_2O_3		Технічний As_2O_3	
	чистий	рядовий	1-ий сорт	2-ий сорт
As_2O_3	99,9	99,5	97,0	92,0
Залишок, нерозчинний у водному розчині аміаку	0,08	0,3	2	6
As_2O_3	-	-	0,1	0,2
Загальна сірка	0,01	0,05	-	-
Забарвлені домішки				
Fe	$5\cdot 10^{-3}$	0,02	-	-
Cu, Mn, Ti (кожного)	$5\cdot 10^{-4}$	0,01	-	-
Cr	$5\cdot 10^{-4}$	0,01	-	-
Ni	$5\cdot 10^{-5}$	0,01	-	-
Co	$5\cdot 10^{-5}$	0,01	-	-
Волога	0,1	0,1	0,5	1,0

Миш'яковистий ангідрид, відповідно до нормативних документів (табл. 1.1) випускається двох марок – рафінований (порошок білого кольору) і технічний (порошок сірого кольору).

Розчин миш'яковистого ангідриду легко відновлюється до елементарного миш'яку.

Сполуки миш'яку сильно ядовиті ($0,1\text{г As}_2\text{O}_3$ є смертельною дозою для людини). В промисловості застосовується для відбілювання вікон, дзеркал, скла, консервування хутра, виготовлення піротехнічних засобів, для очистки газів від сірководню.

Арсеніт кальцію як кінцевий продукт повинен містити не менше $62\% \text{As}_2\text{O}_3$, в тому числі не більше $0,5\%$ вільного As_2O_3 ; вміст води не повинен перевищувати $1,5\%$. Арсеніт кальцію, змішаний з наповнювачем – тальком або тонко розмолотою фосфоритною мукою, називається протарсом.

В зв'язку із ядовитістю миш'якових препаратів до їх запакування, збереження і транспортування приділяють особливу увагу. Тарою для них служать барабани із гофрованої або гладкої листової сталі.

1.3. Матеріальний і тепловий баланси процесу виробництва арсеніту кальцію

Перш ніж приступити до конструювання якого-небудь апарату, необхідно виробити детальний техніко-економічний розрахунок усього процесу виробництва. У основу будь-якого техніко-економічного розрахунку покладено два основні закони:

1. Закон збереження маси речовини.
2. Закон збереження енергії.

На першому з цих законів базується розрахунок матеріального балансу.

Стосовно розрахунку матеріального балансу якого-небудь процесу виробництва цей закон приймає наступне просте формулювання: маса початкових продуктів процесу має дорівнювати масі його кінцевих продуктів.

Матеріальний баланс

Матеріальний баланс будь-якого технологічного процесу або частини його складається на підставі закону збереження ваги (маси) речовини:

$$\Sigma G_{\text{вх.}} = \Sigma G_{\text{кін.}}$$

де $\Sigma G_{\text{вх.}}$ - сума мас початкових продуктів процесу; $\Sigma G_{\text{кін.}}$ - сума мас кінцевих продуктів процесу в тих же одиницях виміру.

Таким чином, якщо в який-небудь апарат або технологічний вузол поступає G_A (кг) продукту А, G_B (кг) продукту В і так далі, а в результаті переробки їх виходить G_C (кг) продукту С, G_D (кг) продукту Д і так далі, а також якщо в кінцевих продуктах залишається частина початкових продуктів А, В (G_B кг) і так далі, то при цьому повинна зберегтися рівність

$$G_A + G_B + \dots = G_C + G_D + \dots + \Delta G$$

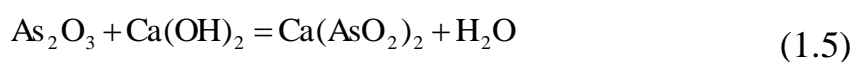
де ΔG – виробничі (промислові) втрати продукту.

Теоретичний матеріальний баланс розраховується на основі стехіометричного рівняння реакції і молекулярної маси компонентів. Практичний матеріальний баланс враховує склад початкової сировини і готової продукції, надлишок одного з компонентів сировини, міру перетворення, втрати сировини і готового продукту і тому подібне.

З даних матеріального балансу можна знайти витрату сировини і допоміжних матеріалів на задану потужність апарату, цеху, собівартість продукту, виходи продукту, об'єм реакційної зони, число реакторів, виробничі втрати.

На основі матеріального балансу складають тепловий баланс, що дозволяє визначити потребу в паливі, величину теплообмінних поверхонь, витрату теплоти або холодоагентів. Результати цих підрахунків зазвичай зводять в таблицю матеріального балансу.

Реакція синтезу арсеніту кальцію мокрим способом:



$$G_{[\text{As}_2\text{O}_3]}^{0.678\text{т}} + G_{[\text{Ca}(\text{OH})_2]}^{0.335\text{т}} = G_{[\text{Ca}(\text{AsO}_2)_2]}^{1.0\text{т}} + G_{[\text{H}_2\text{O}]}^{25\text{м}^3} \quad (1.6)$$

Тобто на виробництво технологічного арсеніту кальцію мокрим методом в реакторі неперервної дії в кількості 1,0 т потрібно затратити 0,678т 100%-го білого миш'яку та 0,335т вапняного молока. При цього утвориться 25 м³ води.

При виготовленні 1,0 т арсеніту кальцію витрачають 0,3 т умовного пального, та 350квт.год. електричної енергії. Структура матеріального балансу виробництва арсеніту кальцію зображена на рис. 1.3.



Рис.1.3. Структура матеріального балансу виробництва арсеніту кальцію

Тепловий баланс

Оскільки реакція утворення арсеніту кальцію мокрим способом протікає ізотермічно, то необхідно визначити кількість тепла, яку потрібно підвести до реактора.

При сталому режимі рівняння теплового балансу для реактора з повним перемішуванням і поверхнею теплообміну можна записати наступним чином:

$$0 = -Q_m(h_1 - h_0) + K_T F(T'_m - T_m) \quad (1.7)$$

де h_0 – ентальпія потоку на вході; h_1 – ентальпія потоку на виході; K_T – коефіцієнт теплопередачі; F – поверхня теплообміну; T_m – середня температура реакції; T'_m – середня температура теплоносія, Q_m – масова витрата реагентів;.

$$Q_m = \frac{K_T F(T'_m - T_m)}{(h_1 - h_0)} \quad (1.8)$$

Швидкість виділення тепла за рахунок хімічної реакції рівна:

$$VQ_{w_{xim}} = V \cdot Q \cdot k \cdot [A] \cdot [B] = V \cdot Q \cdot k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot [A] \cdot [B] \quad (1.9)$$

де, V – об'єм реактора; Q – теплота реакції; w_{xim} – швидкість реакції; k – константа швидкості; k_0 – експоненціальний множник; E – енергія активації; $[A],[B]$ – концентрація реагентів.

Вираз для швидкості реакції записано в тому випадку, що наш процес є бімолекулярним $A+B \rightarrow C$. Тепло йде на нагрівання вхідних реагентів від

початкової температури T_0 до температури T в реакторі. Залежність швидкості виділення і швидкості віддачі (відведення) тепла для реакторів ідеального перемішування неперервної дії показано на рис. 1.4.

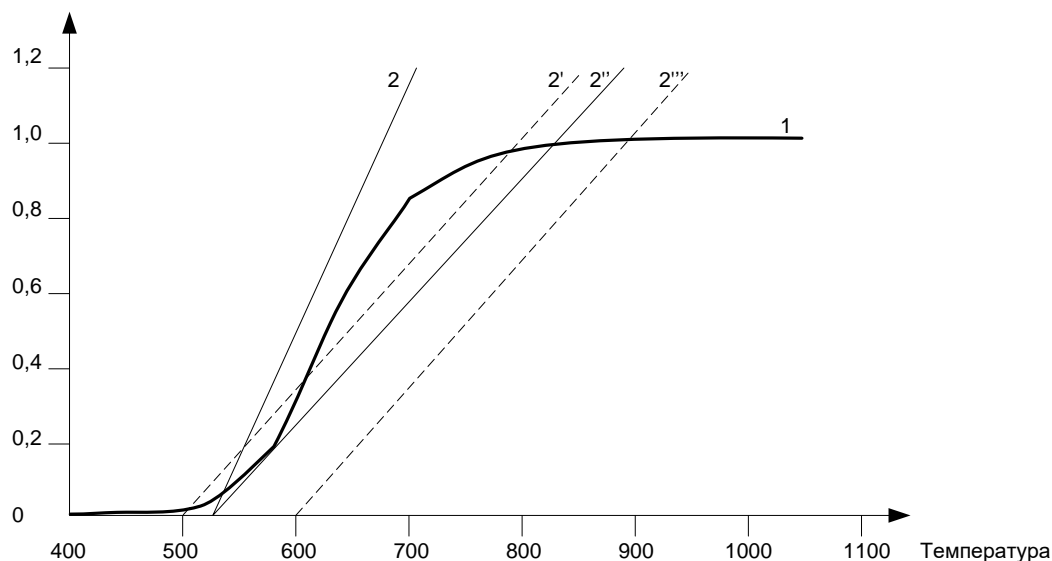


Рис.1.4. Залежність швидкості виділення (1) і швидкості віддачі (відведення) тепла (2-2''') для реакторів ідеального перемішування неперервної дії

В даному технологічному процесі реакція повинна проходити при температурних межах $85\div 90^{\circ}\text{C}$. Для цього використовуємо теплообмінну оболонку, по якій протікає гаряча вода. Гаряча вода підтримує потрібну швидкість реакції і не дає температурі впасти нижче зазначеного за технологією значення. Температура гарячої води коливається в межах $90\div 110^{\circ}\text{C}$.

1.4. Визначення і аналіз факторів, що впливають на технологічний процес виробництва арсеніту кальцію

На процес виробництва арсеніту кальцію впливають ряд факторів, які необхідно розглянути більш детально.

1. Перший фактор – розмір частинок білого миш'яку в розчині миш'яковистого ангідриду.

Показником ефективності процесу синтезу арсеніту кальцію мокрим способом є зазначена в технічній документації відсоткова частка As_2O_3 яка повинна складати 62% від загальної кількості пульпи арсеніту кальцію. Для

забезпечення такого відношення необхідно контролювати подачу в реактор білого миш'яку, який за природою є порошковою речовиною, але на етапі поступлення до реактора він розбавляється і стає розчином) із однаковою розмеленістю (на вигляд це скловидний порошок з розміром гранул 3-5мм).

2. Другий фактор – якість вапняного молока

Перед подачею білого миш'яку в реактор заливають вапняне молоко, яке потім підігрівається за допомогою гарячої води через теплообмінну сорочку і труби в середині реактора. Проте для забезпечення якнайкращих умов проведення синтезу пульпи арсеніту кальцію вапняне молоко має легко гаситись водою і містити не менше 92% активної оксиду кальцію (або 70% активної окисі кальцію в пушинці).

3. Третій фактор – кількість вапняного молока

Визначені теоретичні показники і частка вапняного молока в реакторі не завжди є достатньою для проведення якісного синтезу, тому на практиці зазвичай додають на 10-15% більше вапняного молока (по CaO), щоб забезпечити стовідсоткову гарантію синтезу.

4. Четвертий фактор – час подачі розчину миш'яковистого ангідриду в реактор.

5. П'ятий фактор - вміст вологи в готовому продукті.

Вміст вологи не повинен перевищувати 10 % до готовності транспортування пульпи в пристрій розділення її на арсеніт кальцію і воду.

Матеріальна рівновага в реакторі регулюється подачею як білого миш'яку так і подачею вапняного молока. Витрата реактора складає 16,6 кг пульпи за одну хвилину.

Вплив перелічених факторів на ефективність процесу синтезу арсеніту кальцію мокрим способом враховується при виборі та розміщенні пристроїв для регулювання температури, рівня в реакторі та витрати початкових розчинів, виборі і обґрунтуванні систем автоматичного регулювання.

1.5. Обґрунтування номінальних значень параметрів технологічного процесу та допустимих відхилень від цих значень

Вапняне молоко неперервно подається в реактор, порошок білого миш'яку розбавлений у воді (починає подаватись в реактор через 20хв. від початку роботи) і теж неперервно подається в реактор, де під дією відцентрових сил що створюються мішалкою відбувається процес формування пульпи арсеніту кальцію. При цьому повинна забезпечуватися постійна температура в межах від 85 до 90°C. Утворений арсеніт кальцію починає осаджуватись в нижній частині реактору і виходити через вихідний отвір реактора з певною витратою і вмістом води, цим самим утворюючи згущену суспензію - пульпу.

Витрата початкових реагентів ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ та As_2O_3) і концентрація їх в масі пульпи в реакторі мають велике значення для процесу. Перевищення цих параметрів за допустимі значення може призвести до підвищення розбавленості пульпи і виведення частини реагентів, що не прореагували до кінця разом з нею (за рахунок неперервності процесу і характеристикам регулюючих органів на виході з реактора), а відповідно, до зниження ефективності синтезу. І навпаки, при зниженні - осад у реакторі надмірно ущільнюється, що ускладнює роботу мішалки (утворюється мул) та забиванню прохідних отворів реактора на виході з нього. При цьому зростає потужність, що споживається електродвигуном мішалки, що в свою чергу призводить до збільшення енергетичних, а отже, економічних витрат. Тому номінальне значення споживаної потужності приводу електродвигуна мішалки становить 350кВт·год, тобто є наперед визначене і стає. Максимальне значення початкової витрати розчину миш'яковистого ангідриду становить 11,3 кг/хв. Допускаються відхилення витрати, але не нижче 10,5 кг/хв. і не вище 12,1 кг/хв. Максимальне значення початкової масової витрати миш'яковистого ангідриду становить 5,58 кг/хв. (по CaO) та 0,416 м³/хв. (по воді). Допускаються відхилення витрати, але не нижче 5,0 кг/хв. і не вище 6,16 кг/хв. (по CaO) і не нижче 0,411 м³/хв. та не вище 0,421 м³/хв. (по воді).

Витрата готового продукту залежить від вхідних витрат, проте існують також і інші параметри які впливають на цю величину, а саме об'єм і розміри

реактора, тому велику роль відіграє раціональний вибір діаметра реактора. Від розміру якого залежить площа поверхні осадження арсеніту кальцію (більшої частини пульпи). Саме швидкість і поверхня осадження визначають продуктивність реактора.

Оптимальна температура реакції складає 87 °С, при нижній границі у 85 °С та верхній границі в 90 °С. Причому температура вапняного молока, що подається в реактор складає в середньому 55°С, нижня межа складає 50°С а верхня 60°С. Звичайно ці межі можуть коливатись із більшою амплітудою, але при її збільшенні погіршуватиметься продуктивність реактора.

Температура розчину білого миш'яку в стані подачі в реактор становить приблизно 15 °С при межах відхилення ± 2 °С. Це залежить від температури навколишнього середовища, проте ангідриди миш'яку потрібно зберігати в герметичних коробах із нержавіючої сталі і додатково закритих в дерев'яні ящики, а це звісно охолоджує його і при подачі в реактор він не встигає досягнути потрібної температури.

Температура гарячої води становить приблизно 100°С, оптимальні межі коливаються від 90°С до 110°С. Така температура є найбільш оптимальною для того, щоб розігріти суміш вапняного молока (55°С) та ангідриду миш'яку (15°С) до температури 87°С приблизно за 20хв. при відповідному об'ємі реактора.

Витрата вихідного продукту, а саме арсеніту кальцію в готовому вигляді, тобто того, що вже пройшов фільтрацію (пульпу розділяють на воду і арсеніт) становить 16,6 кг/хв., ця витрата лежить в малих межах і складає приблизно $\pm 0,3$ кг/хв. щоб забезпечити номінальний і оптимальний режим роботи при реальних і робочих завантаженнях реактора даного типу.

Одним із основних показників технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію є розміри реактора, в якому відбувається синтез продукту. Тому потрібно обґрунтувати і виокремити основні конструктивні параметри реактора.

Загальні характеристики умов на апарати з механічними пристроями для перемішування встановлено в нормативній документації. Чавунні реактори з механічними перемішувачами номінальним об'ємом від 0,010 до

50м³ призначені для тих процесів, де відбувається реакція отруйних та небезпечних реагентів.

Для даного технологічного процесу доцільно вибрати реактор з такими характеристики:

- внутрішній діаметр, мм (не менше): 500;
- умовний надлишковий тиск, МПа: до 1,6 (в мене 0,3);
- умови: отруйні сполуки з динамічною в'язкістю не більше 10Па*с і густиною до 1800 кг/м³;
- клас: 4 та 5 клас апаратів свого роду;
- теплообмінний пристрій: теплообмінна оболонка із напівтруб;
- номінальний об'єм, м³: 2,0.

Конструкція реактора в розрізі для виробництва арсеніту кальцію зображена на рис.1.5.

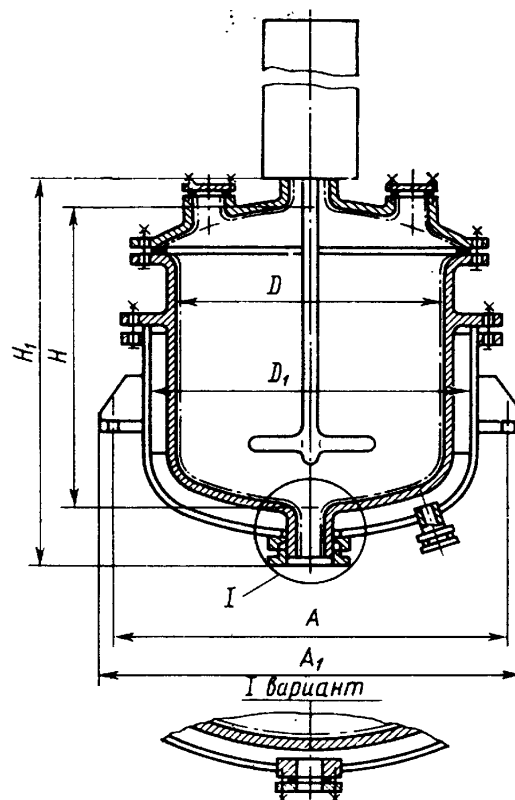


Рис.1.5. Конструкція реактора для синтезу арсеніту кальцію

Розміри реактора $D=1400\text{мм}$; $D_1=1500\text{мм}$; $H=1785\text{мм}$; $H_1=2010\text{мм}$; $A=1775\text{мм}$; $l=1865\text{мм}$; поверхня: покрита емалюю шаром товщиною 11,26мм; маса 3270кг.

З метою визначення впливу різних факторів проводяться спеціальні дослідження, з допомогою яких визначаються експлуатаційні значення технологічних параметрів, яких слід дотримуватися для досягнення ефективної та економічної роботи реактора. Значення технологічних параметрів, визначені по результатах досліджень, наводяться в технологічній карті, яка наведена в табл.. 1.2.

Таблиця 1.2

Технологічна карта виробництва арсеніту кальцію

№ п/п	Назва параметра	Одиниця вимірювання	Номінальне значення	Допустимі відхилення
1	Витрата $Ca(OH)_2$	м ³ /год	0.913	± 0.05
2	Витрата As_2O_3	м ³ /год	1.937	± 0.1
3	Витрата пульпи (продукту)	м ³ /год	2.85	± 0.1
4	Температура $Ca(OH)_2$	°С	55	± 5
5	Температура As_2O_3	°С	15	± 2
6	Температура гарячої води	°С	100	± 10
7	Температура в реакторі	°С	87	± 3
8	Рівень в реакторі	м	1.785	± 0.3
9	Якість пульпи (по As_2O_3)	г/л	5	± 1

1.6. Структурна схема взаємозв'язку між технологічними параметрами процесу виробництва арсеніту кальцію

Як об'єкт регулювання розглядаємо реактор неперервної дії з механічною мішалкою для синтезу арсеніту кальцію

1. Для даного об'єкту регулювання вхідними величинами будуть: F_{BM} - витрата вапняного молока; F_{BM} - витрата білого миш'яку; $T_{ГВ}$ - температура гарячої води; $F_{П}$ - витрата пульпи;

2. Збурюючі величини: ρ_{BM} - густина білого миш'яку; ρ_{BM} - густина вапняного молока; T_{BM} - температура білого миш'яку; T_{BM} - температура вапняного молока;

3. Вихідні величини: T_p - температура в реакторі; L_p - рівень в реакторі; C_p - якість продукту.

Витрата початкових реагентів (білого миш'яку та вапняного молока) та температура гарячої води у більшості випадків визначаються ходом попереднього технологічного процесу і впливати на ці параметри важко, тому, у більшості випадків їх значення контролюють. Всі перелічені параметри впливають на вихідні величини.

На концентрацію (якість) вихідної суміші впливає також значення моменту на валу електродвигуна мішалки M (або споживаної його приводом потужності), тому оберти мішалки вибирають оптимальними, в даному процесі ми вважатимемо що цей фактор є оптимально настроєним і не впливає на хід процесу (має сталі значення).

. Структурна схема взаємозв'язків між технологічними параметрами та факторами, що впливають на роботу реактора зображена на рис. 1.6.

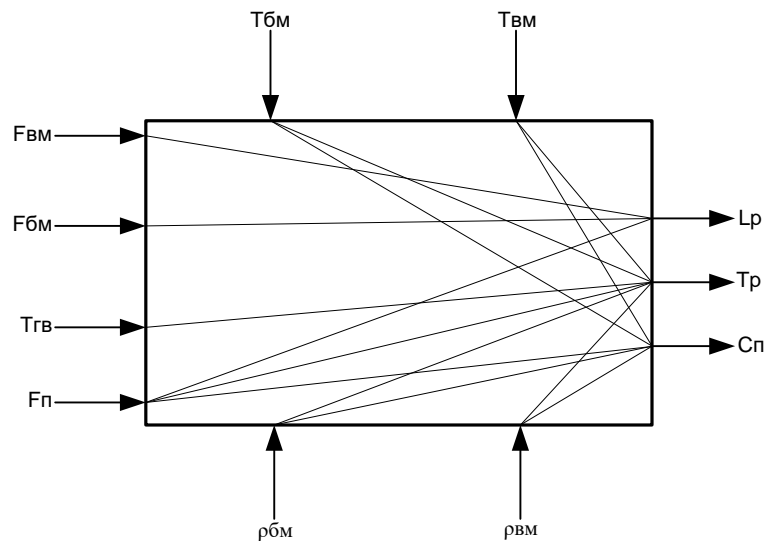


Рис.1.6. Структурна схема взаємозв'язків між технологічними параметрами та факторами, що впливають на роботу реактора

Аналізуючи структурну схему взаємозв'язку між технологічними параметрами і сам процес синтезу арсеніту кальцію, можна зробити висновок, що такі вхідні збурюючі величини, як густина миш'яковистого ангідриду ρ_{BM} , густина вапняного молока ρ_{VM} не сильно впливають на хід процесу. Також

розглянувши підхід до виробництва арсеніту кальцію в промислових умовах, можна зробити висновок, що вплив температур реагентів (вапняного молока і миш'яковистого ангідриду) не є значним, оскільки в реакторі передбачене зовнішнє надходження тепла від теплообмінної оболонки. Тому ці параметри не враховуватимуться під час розроблення системи регулювання, точніше вони мають незначний вплив. А от витрата вапняного молока $F_{\text{вм}}$, витрата миш'яковистого ангідриду (білого миш'яку) $F_{\text{бм}}$, температура гарячої води в тепловому кожусі (сорочці) $T_{\text{гв}}$, витрата готової продукції на виході з реактора (пульпа арсеніту кальцію) $F_{\text{п}}$ мають значний вплив на вихідну величину, тому значення цих параметрів буде враховане під час розроблення функціональної схеми автоматизації процесу синтезу арсеніту кальцію мокрим способом.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АРСЕНІТУ КАЛЬЦІЮ

1.1. Визначення об'єму автоматизації технологічного процесу

Проектована система автоматизації повинна надійно захистити технологічне обладнання, оперативний персонал, довкілля (особливо в умовах виробництва чи обробки миш'яковистих руд що є дуже отруйними), забезпечити найбільшу кількість функціональних ознак. Обсяг одержуваної технологічної інформації повинен бути достатнім для розрахунку техніко-економічних показників та прогнозування надійної роботи системи.

Автоматизоване керування процесом отримання арсеніту кальцію передбачає обов'язкову участь оператора. При цьому керування всіма операціями здійснюється з одного пункту – БЦУ (блочного щита управління).

Для виконання керування всіма операціями з одного пункту автоматизована система керування повинна мати такі підсистеми:

- дистанційний контроль;
- дистанційне керування;
- сигналізацію;
- захист;
- автоматичне регулювання.

До регульованих технологічних параметрів відносять такі вихідні величини об'єкта, які найбільше впливають на проходження технологічного процесу.

Регульованими технологічними параметрами у даному технологічному процесі є:

- якість кінцевого продукту (концентрація);
- температура в реакторі;
- рівень в реакторі.

Для того, щоб мати можливість керувати з одного місця та здійснювати дистанційний контроль за об'єктом керування, необхідно на це місце вивести виміри всіх контрольованих параметрів.

Контрольовані технологічні параметри вибирають так, щоб їх кількість була мінімальною, але достатньою для отримання повної інформації про хід технологічного процесу.

У відповідності з технологічним регламентом контролюються наступні параметри процесу:

- витрата вапняного молока (як рідкої суспензії);
- витрата миш'яковистого ангідриду (як розбавленого порошку у воді);
- температура гарячої води;
- температура в реакторі (температура реакції);
- концентрацію миш'яковистого ангідриду в пульпі;
- рівень в реакторі;

Всі ці параметри підлягають неперервному контролю з необхідністю їх показів та реєстрації.

Для полегшення контролю оператором за ходом процесу застосовується світлова сигналізація і звукова, котра спрацьовує при відхиленні найбільш важливих параметрів на певні значення. Сигналізації підлягають параметри, які можуть привести до аварії або істотно порушити технологічний режим. Такими параметрами є рівень речовин, що реагують в реакторі, концентрація кінцевого продукту та температура в реакторі. Сигналізація відхилень цих параметрів здійснюється від їх індивідуальних пристроїв. Ці сигнали виносяться на лампове табло.

Якщо в ході проведення технологічного процесу виникають вибухо - та аварійно небезпечні ситуації, то слід передбачити відповідний захист. Параметри такого захисту вибирають залежно від того, що може бути причиною аварії. Автоматичний захист передбачає виконання без втручання оператора окремих операцій керування при недопустимому перевищенні рівня в реакторі та споживаної потужності приводу електродвигуна мішалки.

Схеми та пристрої автоматичного блокування попереджають неправильні запуски та зупинки апаратів і машин, а також виключають можливість виконання наступних операцій, якщо не виконана хоча б одна з попередніх.

Системи дистанційного керування, як правило входять в склад систем автоматичного регулювання. Незалежні контури використовують в тих випадках, коли необхідно реалізовувати дистанційно-логічні операції по керуванні технологічним обладнанням.

2.2. Визначення функціональних ознак системи автоматизації

Об'єм функціональних ознак автоматизації технологічного процесу наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Функціональні ознаки автоматизації

№ п/п	Обсяг автоматизації Назва параметра	Показ	Реєстрація	Підсумовування	Усереднення	Визначення відхилення	Розрахунок техніко-економічних показників	Оптимізація	Сигналізація	Дистанційне керування	Захист	Блокування	Автоматичне регулювання
1	Рівень в реакторі	+	+						+	+	+	+	+
2	Якість пульпи (концентрація)	+	+						+		+		
3	Витрата $\text{Ca}(\text{OH})_2$	+	+										
4	Витрата As_2O_3	+	+										
5	Температура в реакторі	+	+						+		+	+	
6	Температура теплоносія	+	+										

2.3. Порівняльний аналіз існуючих схем автоматизації технологічного процесу виробництва арсеніту кальцію

Побудова схем автоматизації процесу виробництва арсеніту кальцію мокрим способом зводиться до забезпечення підтримання показників ефективності процесу.

Отримуваний продукт є гербіцидом, тобто засобом для знешкодження шкідників в сільському господарстві і основним показником, який ставиться до його виробників – концентрація в ньому ангідриду миш'яку (отруйної речовини). Ця концентрація повинна бути витримана в певному співвідношенні для найкращої ефективності продукту.

Наступним показником ефективності, проте вже не таким важливим є витрата продукту за одиницю часу. Звісно цей фактор повинен бути контрольованим у зв'язку із збереженням матеріального балансу, а це в свою чергу призводить до економічності виробництва, що актуальне в наш час.

Як було сказано раніше, у технологічному процесі ці умови визначають багато факторів, але основними серед них є рівень розчину в реакторі, витрата початкових реагентів та температура розчину в реакторі, температура теплоносія (гарячої води).

Проаналізуємо можливі схеми автоматизації даного технологічного процесу.

Схема №1. Основний принцип автоматизації процесу синтезу арсеніту кальцію, в якому змішуються два початкові реагенти, показаний на рис. 2.1. В якості показника ефективності є концентрація в кінцевому продукту миш'яковистого ангідриду, а завдання регулювання є отримання кінцевої суміші з необхідною концентрацією цього компонента в ній.

В реакторі потрібно мати визначений об'єм реагентів. Суттєві зміни об'єму реагентів в реакторі можуть привести до його переповнення або його спорожнення, при цьому процес синтезу стає неможливим. Показником об'єму реагентів є рівень в реакторі, тому його необхідно стабілізувати. Витрата розчину ангідриду миш'яку який потрапляє в реактор буде використовуватись для внесення регулюючої дії при регулюванні концентрації вихідного продукту (пульпи арсеніту кальцію). Витрата вапняного молока буде використовуватись для внесення регулюючої дії при регулюванні рівня в реакторі.

Регулювання температури в реакторі буде виконуватись дією на витрату гарячої води, що подається в теплообмінну оболонку реактора.

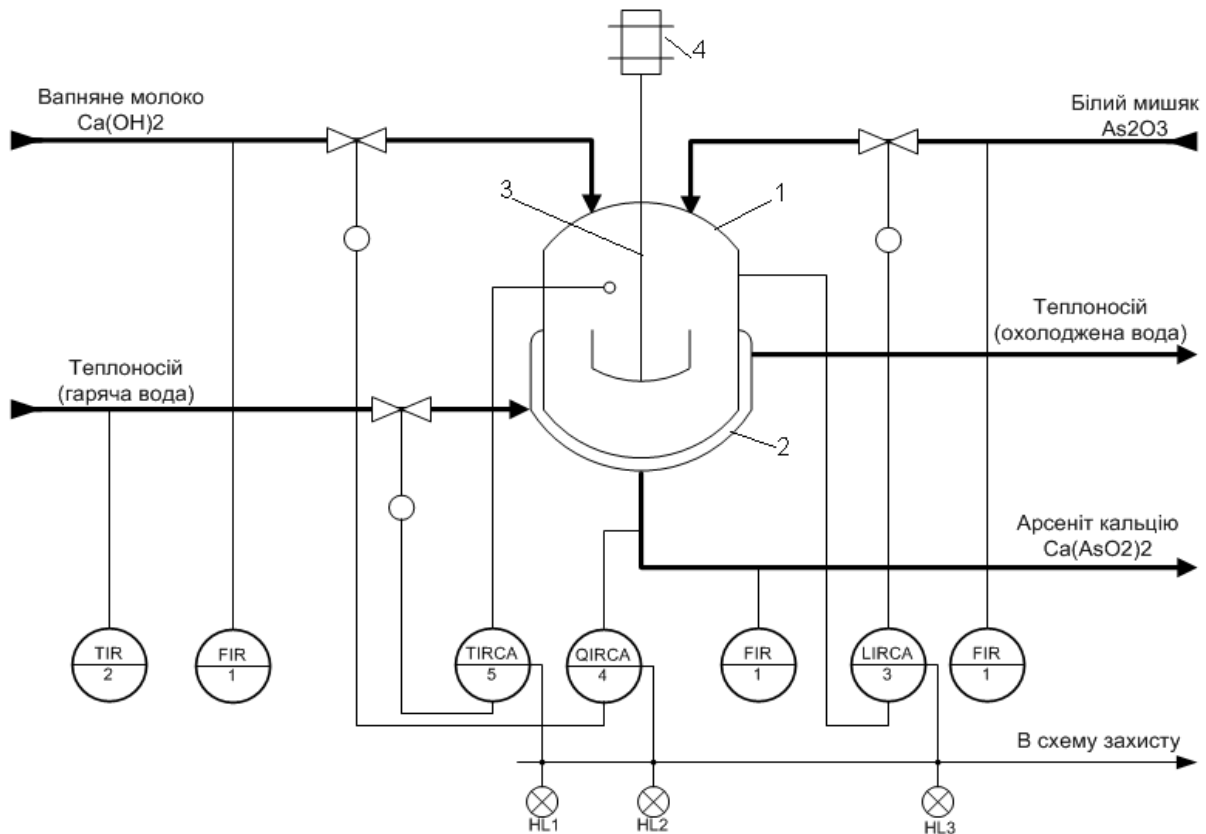


Рис.2.1. Схема №1 автоматизації технологічного процесу синтезу арсеніту кальцію: 1 – реактор; 2 – теплообмінна сорочка; 3 – мішалка; 4 – електричний привід мішалки.

Схема №2. Оскільки витрата вапняного молока та миш'яковистого ангідриду може швидко змінюватися, то для поліпшення якості регулювання потрібно використовувати регулятор, який би контролював вихідну концентрацію пульпи із врахуванням витрати вхідних речовини (вапняного молока) та миш'яковистого ангідриду. Таке регулювання є більш ефективніше і точніше. Тому використаємо варіант із регулятором співвідношення витрати вапняного молока та розчину миш'яковистого ангідриду з корекцією по концентрації вихідного продукту (пульпи). Регулювання витрати вапняного молока за співвідношенням витрат компенсує збурення по витраті миш'якового ангідриду що є порошковидною речовино шляхом зміни витрати вапняного молока до того, як зміниться концентрація пульпи. Якщо по якихось причинах концентрація пульпи все таки зміниться, то зміниться завдання регулятора співвідношення. Щоб забезпечити кращий процес регулювання виготовлення арсеніту кальцію, потрібно чітко підтримувати температуру на заданому рівні. А

зважаючи на те, що система подачі гарячої води (магістраль, окреме джерело виробництва гарячої води) може містити сильні збурення, будемо використовувати контур регулювання співвідношення двох температур: температури в реакторі на час проведення реакції та температури в теплообмінній сорочці на її виході. Така схема підвищить точність регулювання і менший час регулювання температури. Для регулювання рівня в реакторі будемо діяти на витрату розчину миш'яковистого ангідриду. Дана каскадна спрощена схема автоматизації процесом синтезу арсеніту кальцію наведена на рис.2.2.

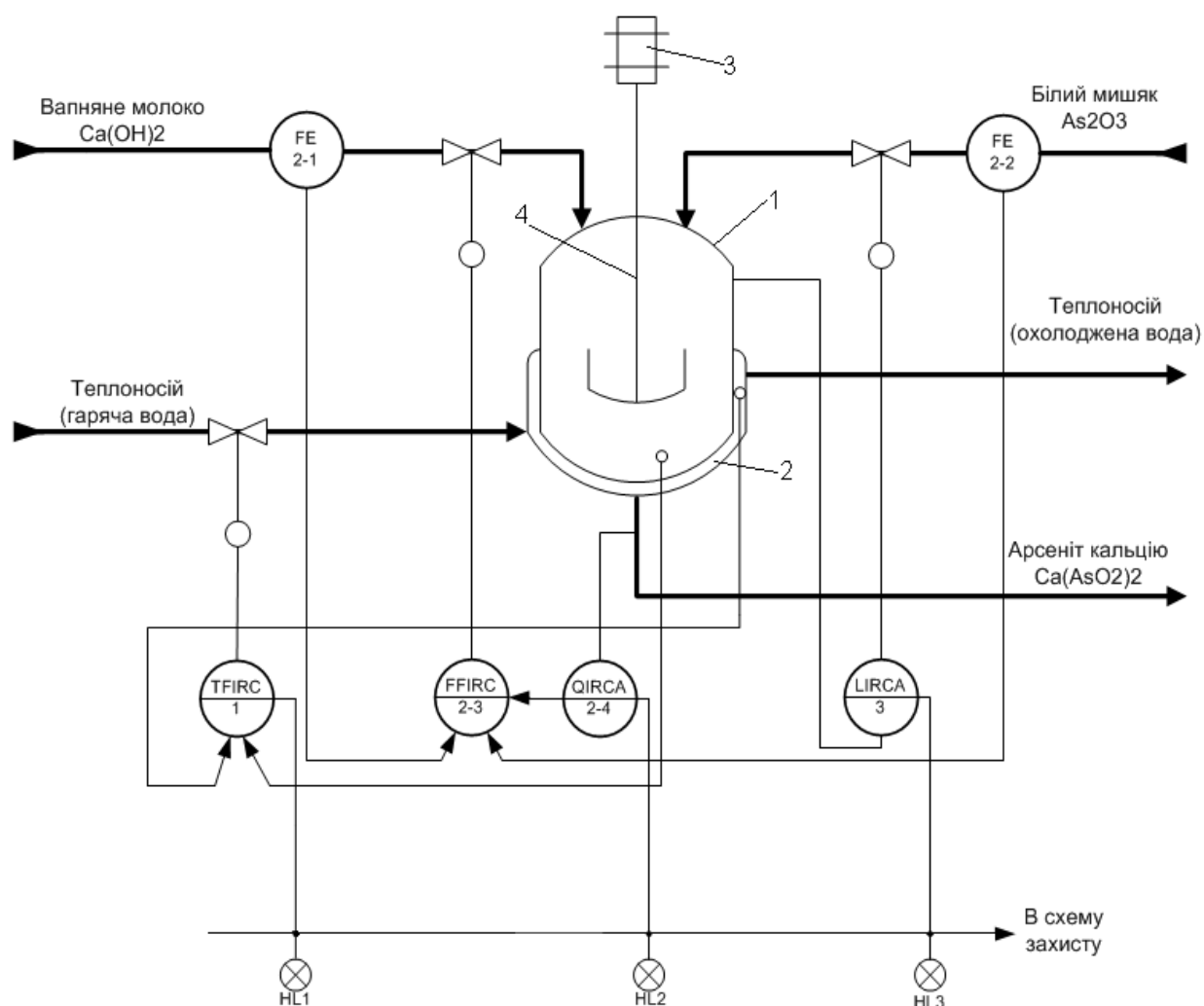


Рис.2.2. Схема №2 автоматизації технологічного процесу синтезу арсеніту кальцію: 1 – реактор; 2 – теплообмінна сорочка; 3 – електричний привід мішалки; 4 – мішалка

Схема №3. Для регулювання процесу отримання арсеніту кальцію можна використати каскадну схему регулювання за корекції по концентрації вихідного продукту (пульпи). Вибрана схема регулювання підтримує потрібний показник ефективності процесу (концентрація миш'яковистого ангідриду в кінцевому продукті) не тільки в стаціонарному режимі, але й при значних змінах навантаження та при виникненні порушень в самому технологічному процесі. Така схема забезпечує необхідні показники якості перехідного процесу та достатню стійкість системи (рис.2.3).

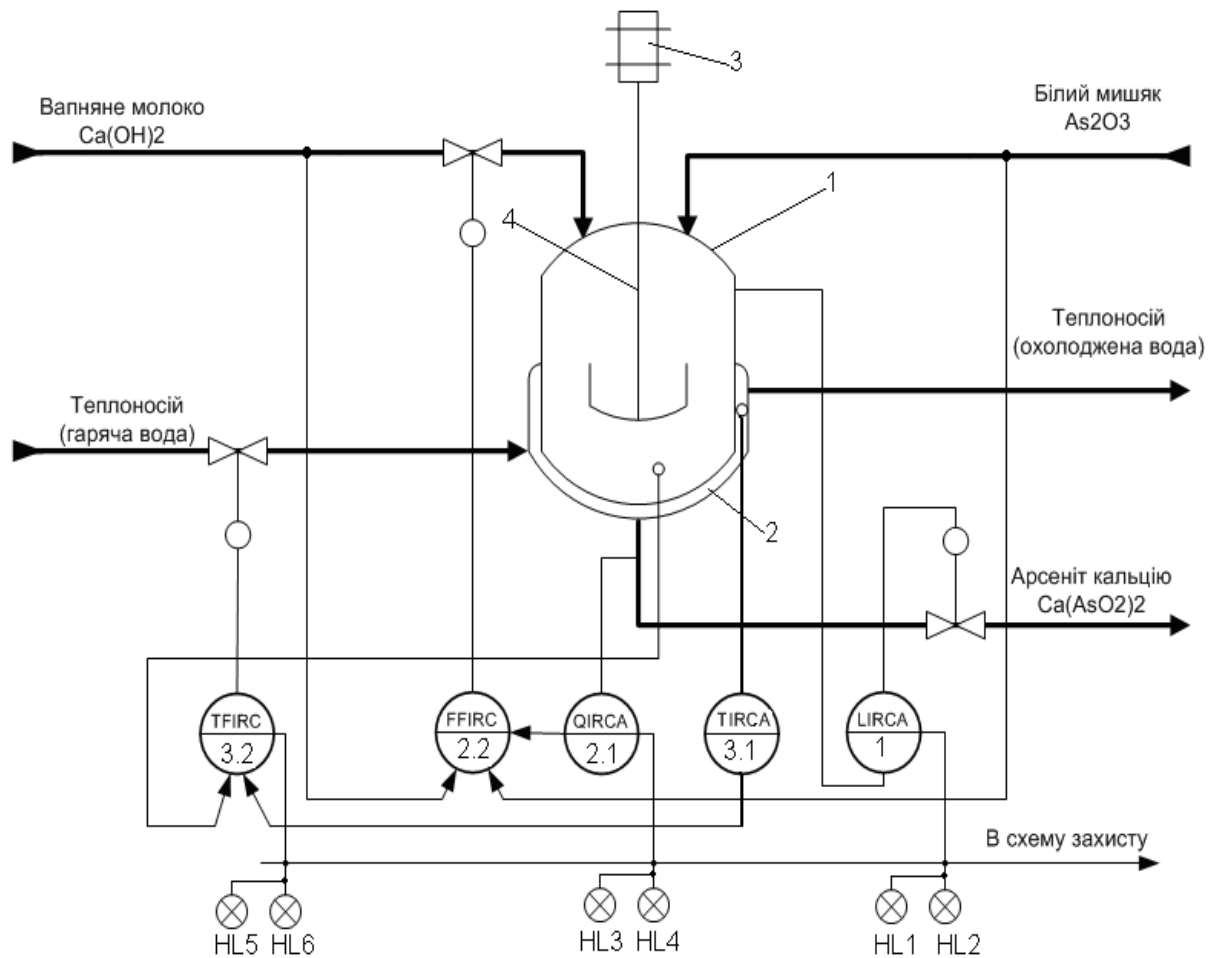


Рис.2.3. Схема №3 автоматизації технологічного процесу синтезу арсеніту кальцію: 1 – реактор; 2 – теплообмінна сорочка; 3 – електричний привід мішалки; 4 – мішалка

Оскільки миш'яковистий ангідрид і вапняне молоко готуються попередньо, їх концентрації є постійними або змінюються незначно, а витрати можна

стабілізувати, то необхідні показники якості готового продукту забезпечить стабілізуюча схема автоматизації, яка зображена на рис. 2.1.

Вибрана оптимальна система автоматизації процесу передбачає такі контури регулювання:

1. Контур регулювання витрати вапняного молока.
2. Контур регулювання та сигналізації концентрації арсеніту кальцію зміною витрати миш'яковистого ангідриду.
3. Контур регулювання та сигналізації рівня рідини в реакторі.
4. Контур регулювання та сигналізації температури в реакторі.

2.4. Вибір локальних технічних засобів автоматизації

Вибір технічних засобів автоматизації необхідно здійснювати з врахуванням кількості вхідних і вихідних величин, характеру сигналів (аналогових, дискретних, імпульсних), які використовуються для реалізації розробленої системи керування.

Для автоматизації процесу отримання арсеніту кальцію мокрим способом потрібно підтримувати на постійному рівні витрату вапняного молока, температуру в реакторі, рівень в реакторі, концентрацію вихідного продукту.

Засоби вимірювання витрати вапняного молока

Для вимірювання витрати вапняного молока використовуємо метод змінного перепаду тиску. Витратомір укомплектований діафрагмою камерною типу ДК 1-100, умовний діаметр 100 мм і умовний тиск 20 кПа і вимірювальним перетворювачем різниці тисків "Сапфір 22 ДД" який має уніфікований вихідний сигнал. Діафрагма встановлюється безпосередньо у трубопровід.

Засоби вимірювання витрати миш'яковистого ангідриду

Для вимірювання витрати миш'яковистого ангідриду мною використано вимірювальну систему Dens Flow фірми SWR Engineering. Її робота заснована на спеціальному ємнісному контакті (взаємодії) електромагнітних хвиль у вимірювальній трубі що генерують однорідні електромагнітні поля. Частинки речовини, що знаходяться у вимірювальному полі, поглинають енергію

електромагнітних хвиль, що приводить до виникнення сигналів. Ці сигнали оцінюються по частоті і амплітуді. Для цього використовують два ємнісні сенсори, розміщені на фіксованих відстанях один від одного.

Максимально довжина сенсорного кабелю не повинна перевищувати 300 метрів. Модуль обробки з'єднаний із сенсором 5-жильним екранованим кабелем.

Аналоговий вихід по витраті (крім витрати система вимірює густину та швидкість руху потоку): $0 \div 4$ мА при максимально можливому 20 мА; діапазон $0 \div 65$ м³/год.; робоча температура: -20 до 120°C; похибка каліброваного діапазону $\pm 2-5\%$.

Засоби вимірювання температури в реакторі

Для вимірювання температури суміші в реакторі я використовую два однакові термоперетворювачі опору з уніфікованими вихідними сигналами типу ТСМУ 0289. Основними умовами при виборі давача температури необхідно враховувати можливість його застосування для вимірювань у вибухонебезпечних зонах усіх класів та невелика верхня межа вимірювання. Діапазон вимірювання від -25 °С до 125 °С. Клас допуску В, умовний тиск середовища 20 МПа, основна похибка не більше $\pm 0,7\%$. Значення температури перетворюється в сигнал постійного струму $4 \div 20$ мА.

Монтаж проводиться в нижній частині реактора під мішалкою, так щоб фіксувати температуру суміші майже на виході з реактора. Монтаж його для вимірювання температури в охолоджувальній оболонці проводимо на її верхній частині при виході охолодженої води.

Засоби вимірювання концентрації миш'яковистого ангідриду в пульпі

Для вимірювання концентрації миш'яковистого ангідриду в кінцевому продукті (пульпі арсеніту кальцію) я вибрав індуктивний концентратомір Kobold ASI-Z який призначений в основному для виміру специфічної питомої провідності в рідких матеріалах з випаданням в осад ряду солей, в тому числі і миш'яковистих солей. Якщо в кінцевому розчині (пульпі) буде більше 5г/л As_2O_3 , то регулятор повинен добавляти шляхом відкриття регулювального органу розраховану кількість вапняного молока.

Міра захисту в цього концентратоміра IP65, що дуже добре в умовах контролю отруйного компонента, вихідний сигнал постійного струму $4 \div 20$ мА. Монтаж концентратоміра проводиться зверху на трубу в горизонтальному положенні через корозостійку нержавіючу муфту з ущільнювачем.

Засоби вимірювання рівня реакційної суміші в реакторі

Зважаючи на те, що в реакторі присутня мішалка, застосування рівнемірів із зондами було неможливе, тому вибрано радарний рівнемір фірми Rosemount із конічною антеною, що кріпиться зверху реактора (під кришку) антеною вниз.

Рівнемір належить до класу Rosemount 5400. В своєму складі він має антену типу 5401 (конічну). Перетворювач, який приймає сигнал від антени живиться напругою постійного струму від 16 до 24В, і має струмовий вихідний сигнал $4 \div 20$ мА. Монтаж проводиться через нержавіючу муфту із гумовим ущільнювачем.

2.5. Вибір мікропроцесорного засобу автоматизації

Для керування технологічним процесом вибираю компактний малоканальний багато-функціональний мікропроцесорний контролер «Реміконт Р-130», призначений для автоматичного регулювання і логічного керування технологічними процесами. Він має застосування в електротехнічній, енергетичній, хімічній, металургійній, харчовій та інших галузях промисловості

«Реміконт Р -130» ефективно вирішує як порівняно прості, так і складні задачі керування. Завдяки малоканальності контролер дозволяє, з одного боку, економічно керувати невеликим агрегатом а, з іншого, - забезпечити високу працездатність великих систем керування.

«Реміконт Р-130» випускається трьох моделей – регулююча (БК-21), логічна (БК-22) і неперервно-дискретна (БК-23). Регулююча модель призначена для вирішення задач автоматичного регулювання, логічна модель — реалізації логічних програм крокового керування.

Регулююча модель дозволяє вести локальне, каскадне, програмне і супервізорне регулювання. Архітектура цієї моделі дає можливість автоматично чи вручну вмикати, відмикати, перемикаєти і реконфігурувати контури регулювання. Причому всі ці операції виконуються безударно незалежно від складності структури системи керування. У поєднанні з обробкою дискретних сигналів ця модель дозволяє виконувати також логічні перетворення сигналів і виробляти не тільки аналогові чи імпульсні, але і дискретні команди керування .

Логічна модель формує логічну програму крокового керування з аналізом умов виконання кожного кроку, задання контрольного часу на кожному кроці, керує умовним чи безумовним переходом програми до заданого кроку. У поєднанні з обробкою аналогових сигналів ця модель дозволяє виконувати також різноманітні функціональні перетворення аналогових сигналів і виробляти не тільки дискретні , але і аналогові керуючі сигнали .

Усі моделі «Реміконт Р-130» містять засоби оперативного керування, розташовані на лицевій панелі контролера, що дозволяють вручну змінювати режими роботи, встановлювати завдання, керувати ходом виконання програми, вручну керувати виконавчими пристроями, контролювати сигнали і здійснювати індикацію помилок .

Стандартні аналогові і дискретні давачі і виконавчі пристрої підключаються до контролера за допомогою індивідуальних кабельних зв'язків. У середині контролера сигнали обробляються в цифровій формі .

Контролери можуть об'єднуватися в локальну керуючу мережу «Транзит» кільцевої конфігурації. Для такого об'єднання ніяких додаткових пристроїв не потрібно. В одну мережу можуть вмикатися як однакові, так і різні моделі контролерів. Через мережу контролери можуть обмінюватися інформацією в цифровій формі по витій парі проводів. За допомогою шлюзу, котрий входить до складу контролера, мережа «Транзит» може взаємодіяти з будь-яким зовнішнім абонентом (наприклад, ЕОМ), що має інтерфейс ІРПС чи RS-232С.

«Реміконт Р-130» - програмований пристрій. Процес програмування зводиться до того, що за допомогою послідовного натискання декількох клавіш з бібліотеки, що зашита в постійній пам'яті, викликаються потрібні алгоритми. Ці алгоритми об'єднуються в систему заданої конфігурації і в них встановлюються необхідні параметри настроювання .

За допомогою вбудованої батареї при відмиканні живлення запрограмована інформація зберігається. Запрограмована інформація може бути записана в ППЗУ

«Реміконт Р-130» являє собою комплекс технічних засобів. У його склад входить центральний мікропроцесорний блок контролера і ряд додаткових блоків. Центральний блок перетворює аналогову і дискретну інформацію в цифрову форму, веде обробку цифрової інформації і виробляє керуючі дії. Додаткові блоки використовуються для попереднього підсилення сигналів термопар і термоперетворювачів опору, формування дискретних вихідних сигналів напругою 220 В, організації зовнішніх переключень і блокувань, тощо.

«Реміконт Р-130» є проектно - компонованим виробом. Його склад і ряд параметрів визначаються споживачем і вказуються в замовленні. В нього вбудовані засоби самодіагностики, сигналізації і ідентифікації несправностей, у тому числі при відмові апаратури, виході сигналів за допустимі границі, збої в ОЗП, порушенні обміну в кільцевий мережі, тощо. Для дистанційної передачі інформації про відмову передбачені спеціальні дискретні виходи .

У регулюючій моделі «Реміконт Р-130» передбачено :

1. До 4 незалежних контурів регулювання, кожний з який може бути локальним чи каскадним, з аналоговим чи імпульсним виходом, з ручним, програмним (в тому числі багатопрограмним) чи супервізорним здавачем;

2. Різноманітна комбінація (по замовленню) аналогових і дискретних входів –виходів (всього 30 модифікацій);

3.76 зашитих у ПЗП алгоритмів неперервної і дискретної обробки інформації, включаючи алгоритми ПД-регулювання, математичних, динамічних, нелінійних, аналого – дискретних і логічних перетворень;

4. До 99 алгоритмічних блоків (алгоблоків) з вільним їх заповненням будь-якими алгоритмами з бібліотеки і вільним конфігуруванням між собою і з входами – виходами контролера;

5. Ручна установка чи автопідстроювання будь-яких коефіцієнтів у будь-яких алгоритмах;

6. Безударна зміна режимів керування і безударне включення, відключення, переключання і реконфігурація контурів регулювання будь-якого ступеня складності;

7. Формування декількох (до 40) програм з можливістю оперативного вибору потрібної програми і її однократного, багаторазового чи циклічного виконання;

8. Оперативне керування контурами регулювання за допомогою 12 клавіш, 2 чотирьохрозрядних цифрових індикаторів і набору світлодіодів, що дозволяють змінювати режими, встановлювати завдання, керувати виконавчими механізмами, контролювати сигнали, здійснювати індикацію аварійних ситуацій. При програмному регулюванні засоби оперативного керування дозволяють вибирати необхідну програму, запускати, зупиняти і скидати програму, переходити до наступної ділянки програми, а також контролювати хід виконання програми ;

9. Об'єднання до 15 контролерів у локальну керуючу мережу Транзит, у яку можуть включатися також і інші моделі контролерів .

Складові частини контролера і їх призначення

1. Блок контролера БК-21 є основним блоком «Реміконт Р-130» і здійснює прийом аналогових і дискретних сигналів, формування необхідних керуючих дій, вивід аналогових і дискретних сигналів, контроль параметрів на вбудованих цифрових індикаторах і здійснення функцій оперативного керування за допомогою вбудованих на передній панелі клавіш .

В основну частину БК-21 входять (рис. 2.4):

- модуль контролю і програмування (МПК);

- модуль процесора (ПРЦ), який безпосередньо зв'язаний з батареєю акумуляторів (БА);
- модуль стабілізованої напруги (МСН), який забезпечує живленням блоку контролер і пульт настроювання ПН-1.

В змінну частину БК-21 входять :

1. Блоки ПЗО гр. А і ПЗО гр.Б – пристрої зв'язку з об'єктом (тип пристрою зв'язку з об'єктом визначається замовником), які можуть бути трьох типів:

- модуль аналогових сигналів (МАС): 8 аналогових входів - 2 аналогових виходи;
- модуль дискретних сигналів (МДС): 5 модифікацій (входу-виходу: 4-12, 8-8, 12-4, 16-0, 0-16);
- модуль дискретних і аналогових сигналів (МДА): 8 аналогових входів – 2 імпульсних виходи.

2. Пульт настройки оператора ПН-21, призначений для програмування блоку контролера і контролю настроювальних параметрів. Пульт підключається до блоку БК -21 за допомогою роз'єкта.

3. Блок живлення БП-21 (формує два вихідні канали по 24 В) призначений для живлення блоку БК-21 і допоміжних блоків (БУС-20, БПР-20) і для організації інтерфейсних зв'язків контролерів у локальній мережі “Транзит” (для цього він має інтерфейсний вхід і вихід).

4. Блок підсилювання сигналів термопар БУТ-20 служить для перетворення сигналів двох термопар в уніфікований струмовий сигнал 0-5мА для введення в блок БК–21; забезпечує компенсацію зміни температури вільних кінців термопар; забезпечує зміщення нуля вихідного сигналу і діапазону вихідного сигналу.

5. Блок підсилювачів сигналів термоперетворювачів опору БУС-20 служить для перетворення сигналів двох термоперетворювачів опору (або інших резистивних давачів) в сигнал 0-5мА для введення в блок БК–21; забезпечує

живлення давачів стабілізованою постійною напругою; забезпечує корекцію нуля і діапазону вихідного сигналу.

6. Блок підсилювачів потужності БУМ-20 призначений для підсилення чотирьох дискретних сигналів за допомогою чотирьох силових герконових реле, нормально відкриті контакти яких можуть комутувати напругу до 220 В при струмі 2 А. Потужність комутації порядку 500 Вт. Цей блок, як правило, застосовують в схемах захисту, блокування і керування елементами автоматики типу соленоїдів, відсічних клапанів.

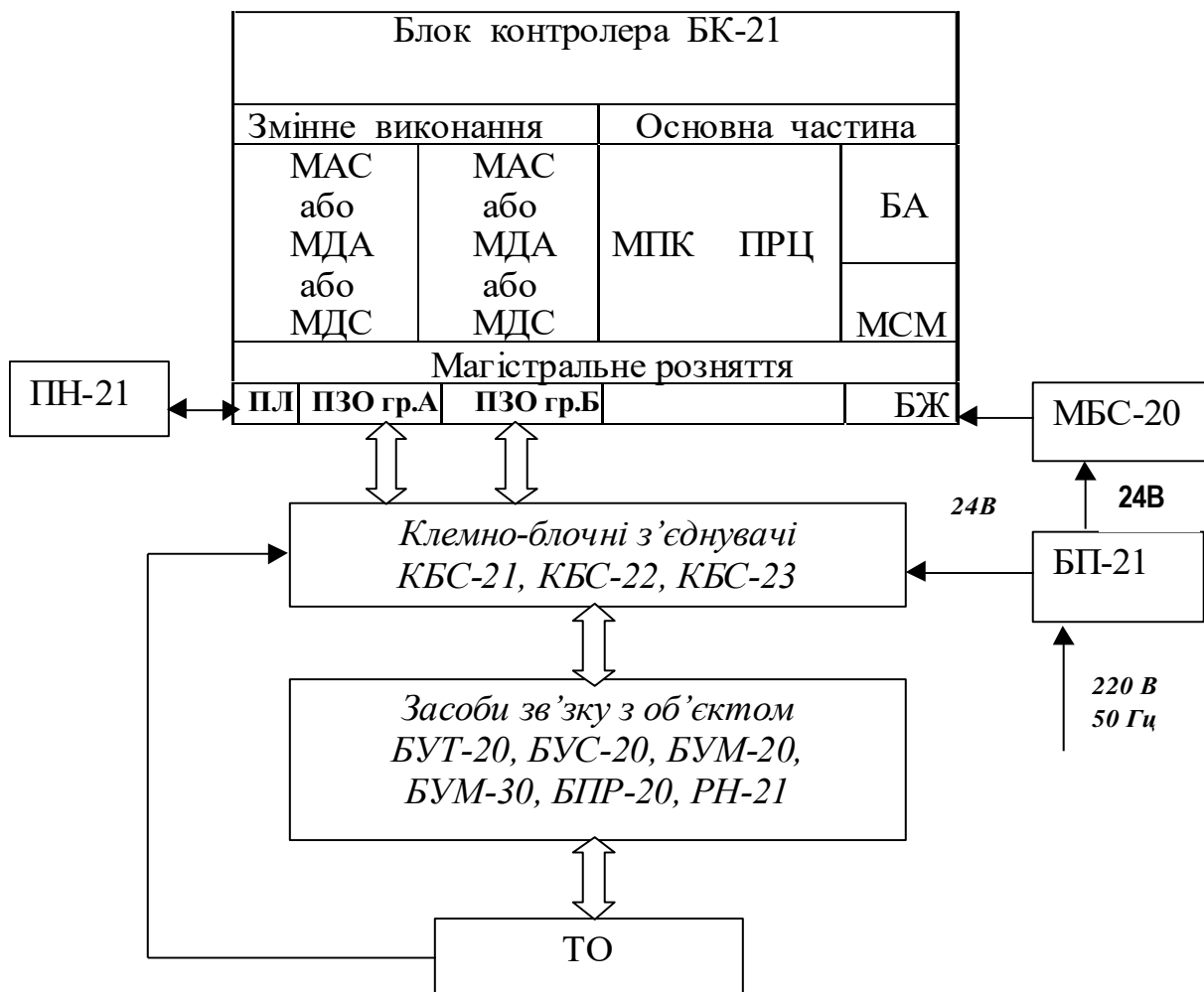


Рис. 2.4. Архітектура мікропроцесорного контролера "Реміконт Р-130"

7. Блок підсилювачів потужності БУМ-30: функції аналогічні до БУМ-20, але реалізований за допомогою тиристорів (безконтактне керування).

8. Блок перемикання БПР-20 складається з 8-ми слабострумівих реле, контакти яких підключаються до дискретних виходів блока контролера і

виконують функції гальванічного розмежування дискретних сигналів (перемикання вхідних і вихідних кіл); передбачається можливість індивідуального і групового керування. Як правило застосовується цей блок в схемах сигналізації.

9. Блок шлюзу БШ-21 служить для організації зв'язку БК-21 або декількох БК-21, які об'єднані в мережу, з ЕОМ верхнього рівня або іншою групою БК-21.

10. Блок стирання БСТ-21 призначений для стирання перепрограмованої пам'яті за допомогою опромінення ультрафіолетовими променями, а також для підзарядки акумуляторів .

11. До складу Реміонта Р-130 входять три види клемно-блочних з'єднувачів КБС, що представляють собою відрізок кабелю, з однієї сторони якого припаяна клемна колодка, а з іншого - вилка роз'язття РП15-9Ш. Кабель зв'язує між собою однойменні лінії клемної колодки і роз'язття .

КБС-21 має колодку на 8 клем під гвинт і роз'язття РП15-9Ш на 9 контактів (9-ий контакт вільний).

КБС-22 має колодку на 24 клеми (24-а клема вільна) і роз'язття РП15-23Ш на 23 контакти .

КБС-23 відрізняється від КБС-22 лише тим, що на клемній колодці розпаяні (вбудовані) нормуючі резистори, необхідні для підключення вхідних аналогових сигналів. За допомогою перемичок для кожного з 8 входів індивідуально вибирається один із трьох вхідних сигналів : 0—5, 0(4)—20 мА, 0-10 В.0 Для верхнього значення 20 мА нижнє значення 0 або 4 мА вибирається програмно за допомогою алгоритму аналогового введення .

12.Невикористання КБС -23 вимагає застосування нормуючих резисторів РН-21, які встановлюють на клемнику, для перетворення уніфікованих сигналів у сигнали, які сприймає БК-21.

13 . Міжблочний з'єднувач МБС-20 призначений для організації з'єднання БК-21 із БП-21. Це відрізок кабелю з двох боків якого є роз'язття типу РП15-9Ш.

2.6. Розробка конфігурації та програмного забезпечення функціонування мікропроцесорного контролера

В мікропроцесорних контролерах існує таке поняття, як віртуальна структура. Вона дозволяє абстрагувати від поняття фізичної структури. Вона описує інформаційну організацію контролера і представляє властивості контролера як ланки системи керування. В Реміконті-130 частина віртуальної структури реалізована апаратно, а частина - програмно.

Віртуальна структура контролера містить:

1. Алгоблоки.
2. Бібліотеку алгоритмів.
3. Засоби інтерфейсного каналу.
4. Засоби настройки і контролю.
5. Засоби вводу- виводу інформації.

Алгоблок є базовим елементом віртуальної структури Реміконтів. Алгоблок - пустий (тобто без алгоритму), ніяких функцій по обробці сигналів контролер не виконує. Контролер запрацює тільки тоді, коли в алгоблок в процесі технологічного програмування буде записаний який-небудь алгоритм з бібліотеки алгоритмів. В кожний алгоблок можна внести тільки один алгоритм з бібліотеки алгоритмів, яка відноситься до даної моделі контролера.

Бібліотека алгоритмів - це перелік алгоритмів керування, які в процесі настройки контролера заносяться в алгоблоки. Алгоритми дозволяють вирішувати задачі автоматичного регулювання, задачі логіко-програмного керування, виконують статичні, математичні, логічні і аналого-дискретні перетворення сигналів.

Якщо взяти загальний випадок, то алгоритм складається з функціонального ядра і має свої входи і виходи. Алгоритм має дві групи входів: сигнальні, які виконують функцію алгоритма, і настроювальні, які керують параметрами настройки. Ці входи - рівноправні, т.б. мають однакові можливості конфігурування. Вихід - це результат обробки вхідних сигналів. Кожний вид алгоритму може мати свою кількість входів і виходів, але максимальне число

входів - 99, а виходів - 24. Входи, як сигнальні, так і настроювальні мають нумерацію від 01 до 99, а виходи від 01 до 24.

Входи алгоритму можуть бути явними (ті які довільно конфігуруються) і деякі алгоритми (алгоритми вводу-виводу, прийому-передачі, оперативного керування) мають неявні входи-виходи (спеціального призначення, які не конфігуруються, а автоматично з'єднуються з апаратурою, яку має обслуговувати даний алгоритм).

Кожний алгоритм має свій бібліотечний номер, під яким він зберігається в бібліотеці. Алгоритм викликається з бібліотеки за двох значним десятковим кодом. Алгоблок з алгоритмом під кодом 00 не має входів виходів, не виконує ніякої роботи і не впливає на роботу алгоблоків, але в ОЗП займає місце і вимагає невеликого часу на обслуговування.

Алгоритм може мати модифікатор, який задає додаткові властивості алгоритму. Модифікатор задає число одностипних операцій, які виконує один алгоритм. Може задавати набір певних параметрів. Деякі алгоритми модифікатора не мають.

Ті алгоритми, робота яких зв'язана з часом, мають масштаб часу (регулювання, програмований задавач, таймер і т.п.). І модифікатор і масштаб часу розширюють можливості алгоритмів. Деякі алгоритми з однаковим номером, але розміщений в різні алгоблоки можуть мати свій модифікатор і масштаб часу.

У будь-який алгоблок можна розмістити любий алгоритм, якій входить в бібліотеку алгоритмів. Алгоритм можна використовувати багаторазово, тобто помістити його в декілька алгоблоків.

Алгоритм ОКО розміщується лише в перші чотири алгоблоки.

Вся бібліотека алгоритмів розділена на 9 груп.

Алгоритми лицьової панелі, включають 4 алгоритми;

Алгоритми вводу-виводу, включають 13 алгоритмів;

Алгоритми регулювання, включають 9 алгоритмів;

Динамічні перетворення, включають 7 алгоритмів;

Статичні перетворення, включають 14 алгоритмів;

Аналогово-дискретні перетворення, включають 11 алгоритмів;

Логічні операції, включає 10 алгоритмів;

Дискретне керування, включає 13 алгоритмів;

Групове неперервно-дискретне керування, включає 6 алгоритмів.

Алгоритм ОКО(01) використовується у випадках коли необхідно керувати контуром регулювання з лицевої панелі контролера. Алгоритм дозволяє за допомогою клавіш лицевої панелі змінювати режим керування, режим завдання, керувати програмним задавачем, змінювати вихідний сигнал регулятора, сигнал завдання, а також контролювати сигнали завдання, розузгодження, вхідний і вихідний сигнали, параметри програмного задавача. Алгоритм ОКО має лише входи. Оскільки в даній схемі використовуємо звичайне регулювання то алгоритми ОКО матимуть лише 10 входів.

Алгоритми вводу/виводу.

В даній програмі використано алгоритм: вхід аналоговий групи А (ВАА), вихід імпульсний групи А (ИВА).

Алгоритм ВАА(07) може обслуговувати до 8-и аналогових входів. Він дозволяє коректувати вхідний аналоговий сигнал в двох точках 0 % і 100 % діапазону. Вихідний сигнал каналу обробляється за наступною залежністю:

$$y_i = (x_i + x_{зми}) K_{mi};$$

В даній програмі алгоритм ВАА (07) має 4 аналогових входів.

У кожен контур регулювання будуть входити такі блоки: зовнішній задавач – ЗДН (24), алгоритм ручного керування РУЧ (26), який призначений для зміни режимів керування регулятора, а саме переходом в ручний режим, автоматичний та дистанційний, алгоритм імпульсного регулювання – РИМ (21), який застосовується для побудови ПІД-регулятора, що буде керувати ВМ з постійною швидкістю. Даний алгоритм має чотири незалежних канали зв'язку з виходами контролера. Кожен канал алгоритму складається з широтно імпульсного модулятора (ШІМ), який перетворює вхідний сигнал у послідовність імпульсів з певною шпаруватістю.

В функціональній схемі автоматизації використовуються два виконавчі механізми типу МЭО, тому застосуємо два алгоритми РИМ(21) - регулювання імпульсне. Ці алгоритми використовується для побудови двох ПД - імпульсних регуляторів.

Алгоритм регулювання температури в реакторі описується наступною послідовністю алгоблоків. З давача температури ТСМУ -0289 сигнал через блок підсилювачів сигналів резистивних давачів БУС-20 поступає на вхід алгоритму ВАА (030704). Також на вхід алгоритма ВАА поступає сигнал від давача положення валу виконавчого механізму.

З виходу 01 алгоритму ВАА сигнал про температуру в реакторі йде на вхід 02($X_{вх}$) алгоритму РИМ (062100) і на вхід 02($X_{вх}$) алгоритму ОКО (010104). Також на вхід 07($X_{вр}$) ОКО (010104) з виходу 02 ВАА (030708) приходять сигнал про положення валу ВМ.

Вихідний сигнал з блоку ЗДН (04240000) подається на вхід 01($X_{здн}$) алгоритму РИМ (062100) і також подається для відображення на 01($X_{здн}$) алгоритму ОКО (010104).

Алгоблок РИМ працює з виконавчим механізмом постійної швидкості, в ньому формується сигнал розузгодження $У\varepsilon$, вводиться зона нечутливості, має виклик автоматичної настройки параметрів регулятора K_p і $T_{и}$, а також формується вихідний сигнал $Y(01)$.

Вихідний сигнал $Y(01)$ з алгоритму РИМ (062100) приходять на вхід 02 алгоритму РУЧ (082600). Алгоритм ручного керування РУЧ призначений для зміну режиму керування регулятора, тобто для перемикання в дистанційний (ручний) або автоматичний режим роботи. В ручному режимі вихідний сигнал може змінюватися ручно.

З його виходу сигнал йде на вхід 06($X_{руч}$) алгоритму ОКО (010104) і на вхід ИВА (101502). Вихідний імпульсний сигнал з 01, 02 ИВА подається на БРУ-32, а далі на пускач безконтактний реверсивний типу ПБР-2М, що безпосередньо впливає на привід МЭО регулюючого клапану, що приводить до зміни витрати теплоносія (гарячої води).

Алгоритм регулювання витрати вапняного молока описується наступною послідовністю алгоблоків. Уніфікований струмовий сигнал пропорційний значенню перепаду тиску на звужуючому пристрої приходить на вхід алгоритму ВАА (030704) від перетворювача тиску "Сапфір-22ДД". Також на вхід алгоритма ВАА поступає сигнал від давача положення валу виконавчого механізму.

З виходу 03 алгоритму ВАА сигнал по витраті йде на вхід 02($X_{вх}$) алгоритму РИМ (072100) і на вхід 02($X_{вх}$) алгоритму ОКО (020104). Також на вхід 07($X_{вр}$) ОКО (020104) з виходу 04 ВАА (030704) приходить сигнал про положення валу ВМ. Вихідний сигнал з блоку ЗДН (05240000) подається на вхід 01($X_{здн}$) алгоритму РИМ (072100) і також подається для відображення на 01($X_{здн}$) алгоритму ОКО (020104).

Вихідний сигнал $Y(01)$ з алгоритму РИМ (072100) приходить на вхід 02 алгоритму РУЧ (092600). З його виходу сигнал йде на вхід 06($X_{руч}$) алгоритму ОКО (020104) і на вхід ИВА (101502). Вихідний імпульсний сигнал з 03, 04 ИВА подається на БРУ-32, а далі на пускач безконтактний реверсивний типу ПБР-2М, що безпосередньо впливає на привод МЕО регулюючого клапану, що приводить до зміни витрати вапняного молока

2.7. Розробка принципів електричних схем зовнішніх з'єднань мікропроцесорних засобів

Принципова електрична схема зовнішніх з'єднань для Реміонта Р-130, який призначений для регулювання температури в реакторі і витрати вапняного молока зображена на графічній частині. На даній схемі блок контролера БК-21-22 обслуговує два незалежні контури регулювання: регулювання температури в реакторі; регулювання витрати вапняного молока.

До складу БК-21-22 входить ПЗО гр. А (тип МДА код модуля 2), який має 8 аналогових входів (1-16 контакти), 4 дискретні виходи (17-21 контакти) і ПЗО гр. Б (тип МДА код модуля 2), котрий має 8 аналогових входів (1-16 контакти), 4 дискретні виходи (17-21 контакти) - (рис. 2.5).

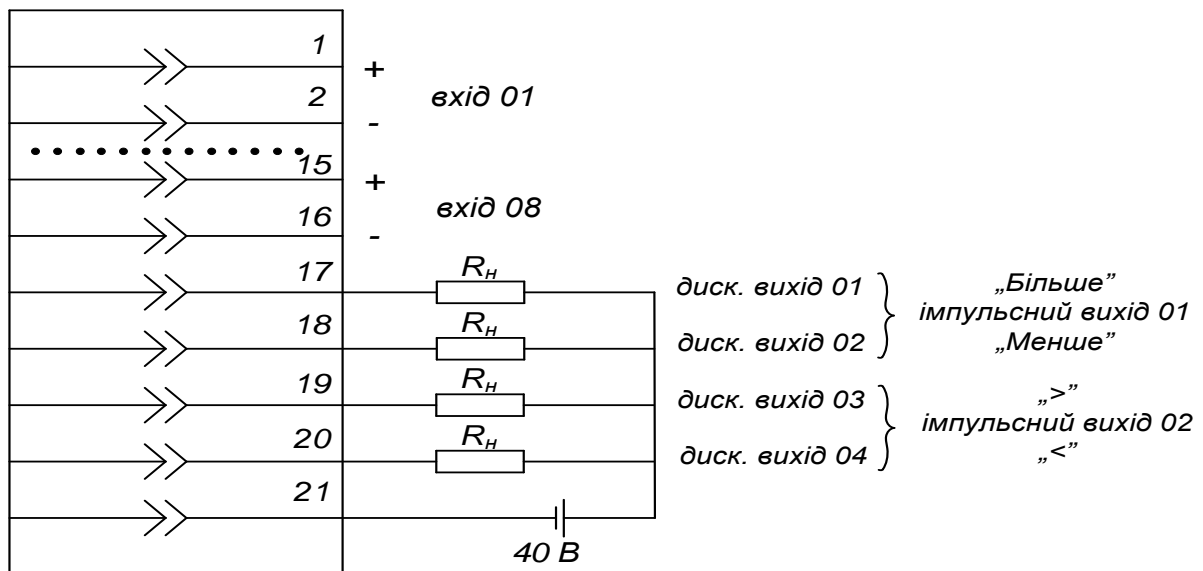


Рис. 2.5. Кола входу-виходу типу МДА (код модуля 2)

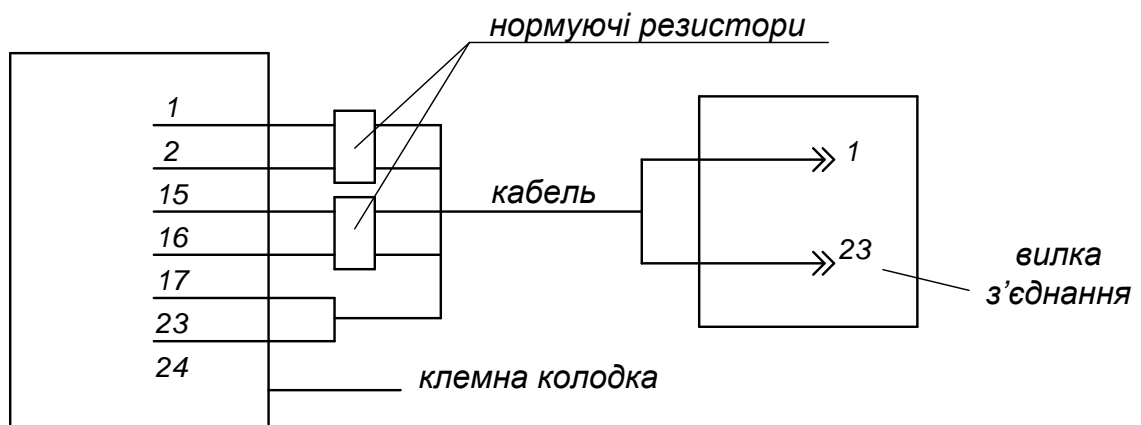


Рис. 2.6. Клемно-блочний з'єднувач КБС-23

Блок контролера живиться від блоку живлення БП-21 через міжблочний з'єднувач МБС-20, до клеми Х3 якого під'єднується інтерфейсний кабель (див. рис. 2.6). Контролер живиться від блоку живлення БП-21, який в свою чергу живиться від мережі: 220 В, 50 Гц. Для живлення стабілізованою напругою постійного струму $36 \pm 0,72$ В перетворювачів типу "Сапфір-22ДД" використовується блок живлення 22БП-36 двоканального виконання (можливість живлення до 6 перетворювачів).

Для зв'язку БК-21-22 із іншими модулями та давачами використано відрізок кабелю КБС-23 з одного боку якого є РП-15 на 23 контакти, з другого - блок клемної колодки на 24 контакти, який крім того має нормуючі резистори РН-21 (рис. 2.7).

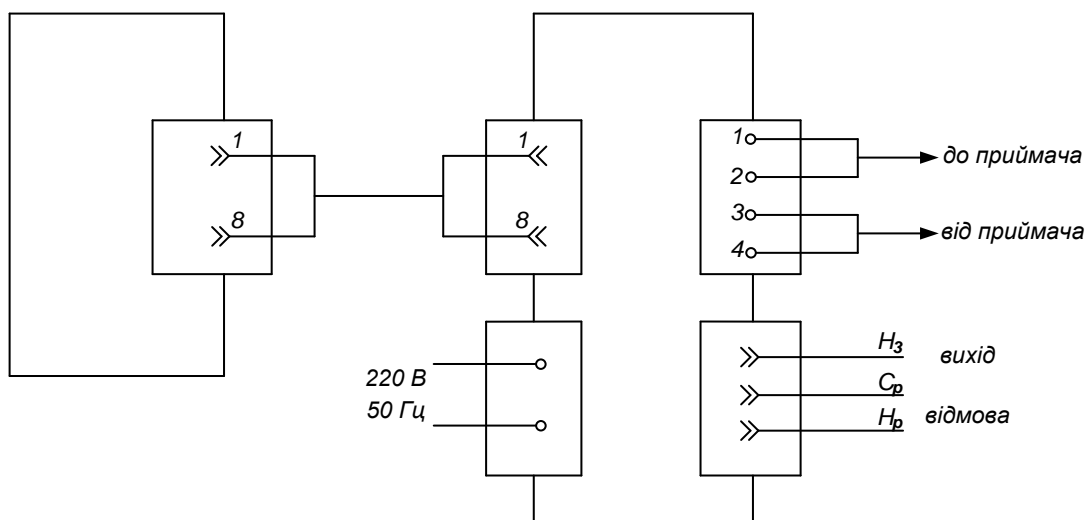


Рис. 2.7. Міжблочний з'єднувач МБС-20

На ПЗО гр. А заведено вхідні сигнали від термометра опору та від перетворювача перепаду тиску ("Сапфір 22-ДД"), а також сигнали про положення вихідного валу виконавчих механізмів регулюючих клапанів.

Сигнал з виходу підсилювача сигналів резистивних давачів БУС-20 через виводи 1, 2 КБС-21 поступають на входи 1, 2 КБС-23. Перетворювач перепаду тиску типу Сапфір-22ДД живиться від блоку живлення 22 БП-36. Живлення подається на клеми 1 і 2 перетворювача з клем 8, 14 блоку живлення. Блок живлення живиться від мережі змінного струму 220 В, 50 Гц. Вихідний сигнал з клем 5 і 6 перетворювача тиску типу Сапфір-22ДД подається на клеми 5 і 6 КБС-23 (ПЗО гр. А). Для зміни положення регулюючих органів використані виконавчі механізми типу МЭО, на які подаються керуючі сигнали з імпульсних виходів регулятора. На клеми 13 і 16 блоку ручного керування БРУ-32 надходять сигнали керування з клем 17, 18 та 19, 20 КБС-23. Для керуванням виконавчими механізмами використовують пускачі безконтактні реверсивні типу ПБР-2М, які через клеми 8 під'єднуються до клем 21 КБС-23, що дає змогу використовувати живлення регулятора. Клеми 1, 2 ПБР-2М під'єднуються до мережі змінного струму 220 В для власного живлення. Виконавчі механізми МЭО з'єднуються з ПБР-2М використовуючи клеми 1, 2 і 3 МЭО і клеми 3, 4 і 5 ПБР-2М, відповідно. Сигнали від давачів положення валу виконавчих механізмів поступають на входи 3, 4 і 7, 8 КБС-23 ПЗО гр. А, відповідно.

3. РОЗРАХУНОК ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АРСЕНІТУ КАЛЬЦІЮ

3.1. Складання математичної моделі об'єкта регулювання і розрахунок її параметрів

Математичну модель об'єкта регулювання для розрахунків оптимальних параметрів настройки регулятора знаходимо у вигляді функції передачі.

Для моделювання виберемо контур регулювання рівня в реакторі, який є дуже важливим в нашому випадку, оскільки він визначає дотримання матеріального балансу в процесі.

Вхідною величиною даного об'єкта регулювання (реактора) є витрата розчину ангідриду миш'яку, а вихідною – рівень в реакторі.

Враховуючи структурну схему взаємозв'язків між технологічними параметрами об'єкта, матеріальний баланс, експериментальні дані та інформацію з навчальної літератури побудуємо математичну модель реактора у вигляді функції передачі. Її можна представити як дві послідовно з'єднані аперіодичні ланки першого порядку: $W(p) = \frac{k}{(Tp+1)^2}$,

де T – стала часу аперіодичної ланки; k – коефіцієнт передачі.

На основі аналітичних залежностей для визначення параметрів математичної моделі та знаючи геометричні розміри об'єкта, значення технологічних параметрів об'єкта, матеріальні та енергетичні потоки визначимо основні параметри математичної моделі об'єкта:

- коефіцієнт передачі розрахуємо за формулою:

$k = \frac{h}{f_i}$; де h – рівень (за технологією це 1,785м); f_i - відносна витрата

(приймемо її рівною 1)

Відповідно: $k = 1,785$ (м).

- сталу часу аперіодичної ланки розрахуємо за наступною формулою:

$T_i = \frac{V}{F} \cdot k$; де V – об'єм реактора (він рівен 2м^3); F – витрата (вона рівна $0,276\text{м}^3/\text{с}$); k – коефіцієнт передачі; Тоді: $T_i = \frac{2}{0,276} \cdot 1,785 = 12,93 \text{ с}$

Отже, функція передачі буде наступною: $W(p) = \frac{1,785}{(12,93p+1)^2}$.

Крива розгону реактора при одиничному стрибкоподібному збуренні має вигляд (рис. 3.1):

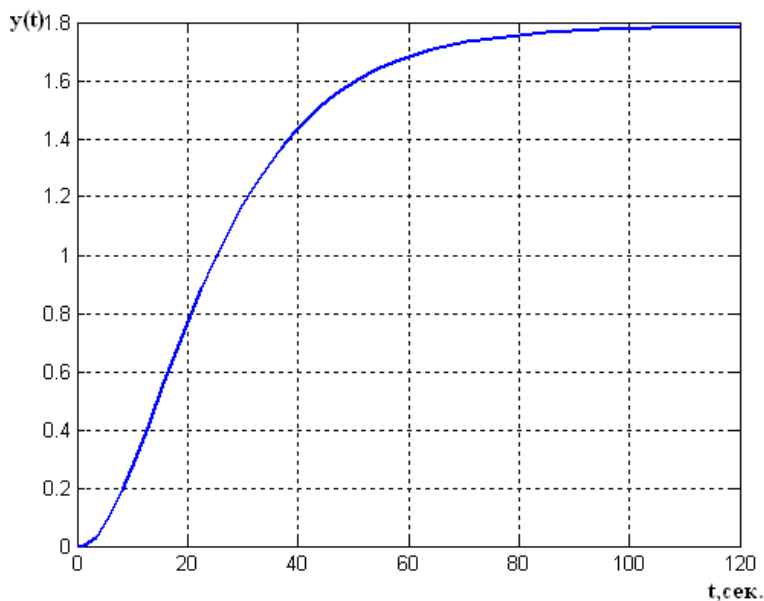


Рис.3.1. Крива розгону реактора при одиничному стрибкоподібному збуренні

При зміні витрати розчину миш'яковистого ангідриду рівень в реакторі змінюється і досягає нового усталеного значення, так як реактор є об'єктом регулювання з самовирівнюванням. Закон зміни рівня в часі при нанесенні збурення характеризує динамічні властивості реактора. Динамічні властивості реактора залежать, головним чином, від його конструктивних розмірів і витрати розчину миш'яковистого ангідриду. Чим більший об'єм реактора і чим менша витрата ангідриду, тим гірші його динамічні властивості.

3.2. Вибір і обґрунтування вимог до перехідного процесу контуру регулювання

Будь-яка промислова САР крім стійкості повинна забезпечувати якісні показники процесу регулювання. Якість процесу регулювання для стабілізуючих

САР зазвичай оцінюють по перехідній функції по відношенню до одиничного стрибкоподібного збурення, а для слідкуючих САР – по перехідній функції по відношенню до одиничного стрибкоподібного задаючого впливу.

Основними показниками якості є: час регулювання, перерегулювання, коливальність і похибка регулювання.

Крім цього, слід відмітити, що в конкретних умовах до якості регулювання можуть висуватися й інші вимоги, наприклад, максимальна швидкість зміни значення величини, яка регулюється, основна частота її коливань і т. д.

В даній роботі якість регулювання оцінюється за допомогою таких критеріїв:

Час регулювання t_p .

Максимальне динамічне відхилення A_1 – максимальна амплітуда перехідного процесу.

Коефіцієнт зникання коливань ψ – відношення різниці двох сусідніх амплітуд одного знаку кривої перехідного процесу до найбільшої з них:

$$\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1}. \text{ Похибка регулювання } \Delta.$$

Виходячи з технологічних умов час регулювання для такого об'єкту приймають рівним $t_p=300\text{с}$.

Максимальне динамічне відхилення $A_1=0,32$ м. Коефіцієнт зникання коливань $\psi =0,8$. Похибка регулювання $\Delta=0,05$ м. Ступінь коливальності $m = 0,34$.

3.3. Визначення закону регулювання

В практиці автоматизації технологічних процесів використовуються регулятори, які формують пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ), пропорційно-диференціальний (ПД) і пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) – закони регулювання; причому П- і ПД-регулятори використовуються в основному в САР з астатичними об'єктами, а ПІ- та ПІД-регулятори – в САР з статичними об'єктами.

В даному випадку побудуємо одноконтурну САР рівня рідини в реакторі з функцією передачі об'єкта регулювання $W(p) = \frac{1,785}{(12,93p+1)^2}$ у прямому зв'язку і з автоматичним ПІД-регулятором у зворотному зв'язку. Така структура забезпечує якісне регулювання рівня за рахунок швидкої реакції регулятора на всі типи збурень, які надходять в об'єкт регулювання.

3.4. Розрахунок оптимальних настроювальних параметрів регулятора

Значення параметрів настроювання регулятора наближено можуть бути знайдені за спрощеною методикою, яка ґрунтується на припущенні про можливість описання об'єктів регулювання через функції передачі типу: аперіодична ланка першого порядку, інтегруюча ланка, диференційна ланка, ланка запізнення та інші. Зрозуміло, що ця методика не може бути застосована для об'єктів, які не описуються функціями передачі цих ланок. Тому для знаходження оптимальних значень параметрів настроювання регулятора необхідно застосувати спеціально розроблені теоретично обґрунтовані методи: метод розширених частотних характеристик, метод розрахунку параметрів за показником коливальності М. Для розрахунку САР, яка знаходиться під дією випадкових процесів, застосовують дисперсійний метод.

Розрахунок оптимальних параметрів настроювання за методом розширених частотних характеристик базується на амплітудо-фазовому критерії стійкості, який можна інтерпретувати як критерій запасу стійкості, якщо замість звичайних частотних характеристик застосувати розширені частотні характеристики.

Розширена частотна характеристика елемента з відомою функцією передачі визначаються заміною в ній оператора Лапласа

$$p = -mw \pm iw,$$

де w – кругова частота; $m = \alpha/w$ – степінь коливальності, який характеризує запас стійкості; α – абсолютне значення дійсної частини комплексного кореня характеристичного рівняння.

Умова забезпечення заданого запасу стійкості формується на основі амплітудно-фазового критерію стійкості Найквіста, в якому застосовуються розширені частотні характеристики розімкнутої системи автоматичного регулювання:

$$W_{pc}(m, i\omega) = W_{op}(m, i\omega)W_p(m, i\omega) = -1 \quad (3.1)$$

де, $W_{op}(m, i\omega)$ - розширена амплітудно-фазова характеристика (АФХ) об'єкта регулювання, $W_p(m, i\omega)$ - розширена АФХ регулятора.

Для спрощення запису позначимо: $U(m, \omega) = U$, $V(m, \omega) = V$.

В якості регулятора вибираю ПІ-регулятор. Розширена АФХ ПІ-регулятора записується у вигляді:

$$W_p(m, i\omega) = k_p + \frac{k_p}{T_{i3}} \frac{1}{(-m\omega \pm i\omega)} \quad (3.2)$$

Підставляючи (3.2) в (3.1) одержимо: $(U + iV) \left[k_p + \frac{k_p}{T_{i3}} \frac{1}{(-m\omega + i\omega)} \right] = -1$

$$\text{або } -m\omega U k_p + i\omega k_p U - im\omega V k_p - \omega k_p V + U \frac{k_p}{T_{i3}} + iV \frac{k_p}{T_{i3}} - m\omega + i\omega = 0,$$

Звідки отримуємо систему двох рівнянь з двома невідомими: k_p і $\frac{k_p}{T_{i3}}$

$$\begin{cases} U \frac{k_p}{T_{i3}} - \omega(mU + V)k_p - m\omega = 0 \\ V \frac{k_p}{T_{i3}} - \omega(U - mV)k_p - \omega = 0 \end{cases}$$

Розв'яжемо отриману систему рівнянь відносно: k_p і $\frac{k_p}{T_{i3}}$

$$\begin{cases} \frac{k_p}{T_{i3}} = -\omega(m^2 + 1) \frac{V}{U^2 + V^2} \\ k_p = -\frac{U + mV}{U^2 + V^2} \end{cases}$$

Розширена АФХ об'єкта регулювання в показниковій формі має вигляд

$$W_{op}(m, i\omega) = A_{op}(m, \omega)e^{i\varphi_{op}(m, \omega)} = A_{op}(m, \omega)\cos\varphi_{op}(m, \omega) + iA_{op}(m, \omega)\sin\varphi_{op}(m, \omega),$$

де $A_{op}(m, \omega)$, $\varphi_{op}(m, \omega)$ – розширені амплітудно- і фазочастотні характеристики об'єкта регулювання. Враховуючи, що дійсна U і уявна V розширені частотні характеристики визначаються як $U = A_{op}(m, \omega) \cos \varphi_{op}(m, \omega)$, $V = A_{op}(m, \omega) \sin \varphi_{op}(m, \omega)$ система (3.2) набуде вигляду

$$\begin{cases} \frac{k_p}{T_{i3}} = -\frac{\omega(m^2 + 1) \sin \varphi_{op}(m, \omega)}{A_{op}(m, \omega)} \\ k_p = \frac{-\cos \varphi_{op}(m, \omega) - m \sin \varphi_{op}(m, \omega)}{A_{op}(m, \omega)} \end{cases} \quad (3.3)$$

Змінюючи частоту в діапазоні $\omega^* \leq \omega \leq \omega^{**}$ (ω^* – частота, що відповідає параметру настроювання І-регулятора; ω^{**} – частота, що відповідає параметру настроювання П-регулятора) розраховують область параметрів настроювання ПІ-регулятора на задану ступінь коливальності $m_{зад}$. Аналітично частоти ω^* і ω^{**} можна визначити з рівнянь: $\varphi_{op}(m, \omega^*) = -\frac{\pi}{2} + \arctg m$; $\varphi_{op}(m, \omega^{**}) = -\pi$

Графічно границя області заданого запасу стійкості представлена на рис.3.2.

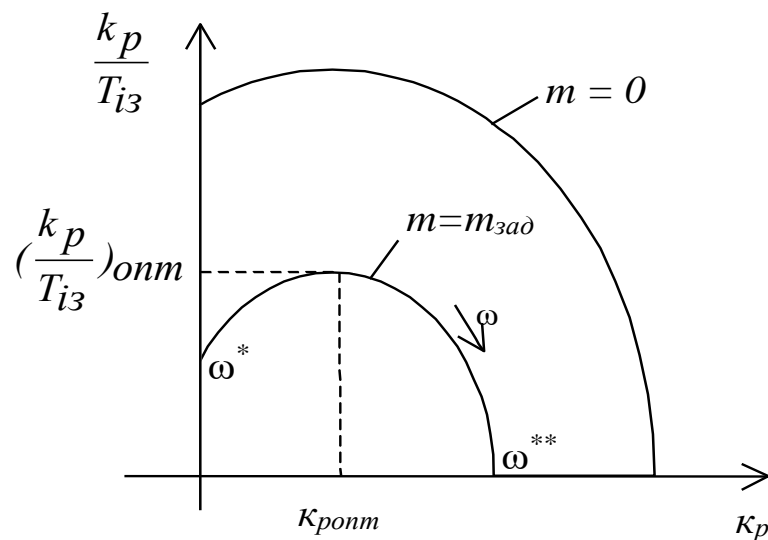


Рис.3.2. Границя області заданого запасу стійкості

На цьому ж графіку показана область параметрів настроювання регулятора, що виводять САР на границю стійкості ($m=0$). Якщо вважати, що діючі в САР збурення є низькочастотними (зокрема детерміноване збурення у вигляді стрибка є низькочастотним), то оптимальні параметри настроювання розраховують при частоті ω_0 , при якій $\frac{K_p}{T_{i3}} = \left(\frac{K_p}{T_{i3}} \right)_{\max}$. Для випадкових збурень

вибирають параметри настроювання з границі області запасу стійкості на робочій частоті $\omega_p = 1.2\omega_0$. Вважається, що таким чином визначені параметри, наближено забезпечують мінімальне значення інтегральної квадратичної оцінки якості J_2 :

$$J_2 = \int_0^t [y(t) - y_{\text{зад}}(t)]^2 dt \quad (3.4)$$

де $y(t)$ - крива розгону замкнutoї САР; $y_{\text{зад}}$ - задане значення регульованої величини.

Для точного визначення оптимальних параметрів настроювання регулятора необхідно розрахувати значення J_2 за рівнянням (3.4) при різних значеннях параметрів настроювання регулятора зі знайденої області заданого запасу стійкості. і знайти таку пару значень $k_{\text{ропт}}, \left(\frac{K_p}{T_{i3}}\right)_{\text{опт}}$, при якій J_2 набуде найменшого значення. Таким чином, оптимальними параметрами настроювання регулятора є такі, що при заданому запасі стійкості САР забезпечують мінімальне значення інтегральної оцінки якості.

За розширеними частотними характеристиками знаходимо частоти w^* і w^{**} , які відповідають параметрам настроювання І- та ІІ-регуляторів відповідно.

Програма **pi_wgraf.m** для знаходження значень ω^* та ω^{**} :

```
m=0.34;
w=[0.001:0.01:0.5];
p=-m*w+i*w;
W=1.785./(12.93.*p+1).^2;
fi=phase(W);
l1=-pi/2+atan(m);
l2=-pi;
plot(w,fi,w,l1,w,l2);grid;
xlabel('w, rad/sec');
ylabel('y, rad');
```

Результатом виконання програми є графік (рис. 3.3):

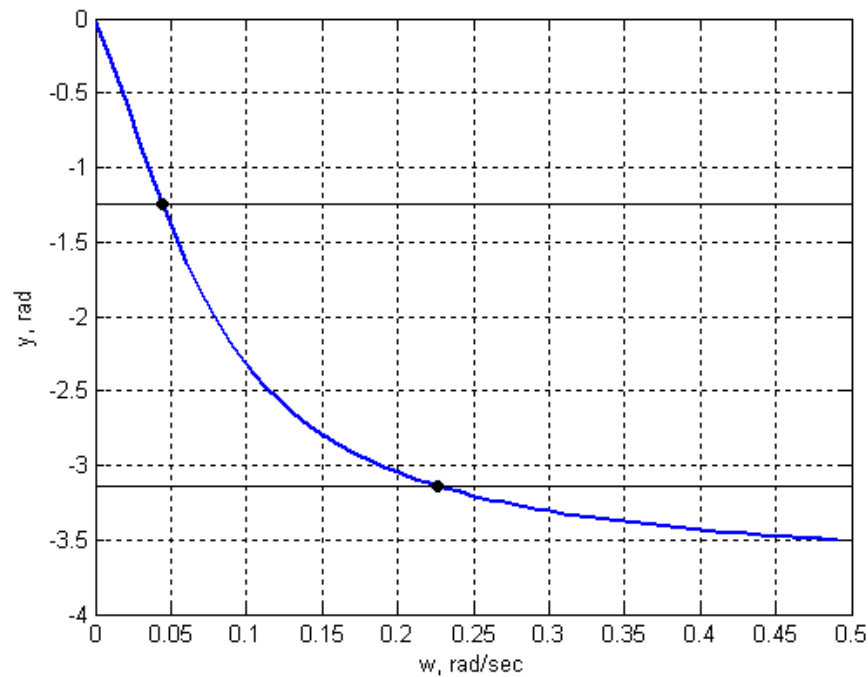


Рис.3.3. Розширена фазочастотна характеристика

З графіка визначено: $w^* = 0.045$ (рад/с), $w^{**} = 0.225$ (рад/с)

Для побудови границі області заданого запасу стійкості була написана програма zap_st.m:

```
Td=1; m=0.34;
w1=0.045; w2=0.225; w=[w1:0.000001:w2];
p=-m*w+i*w; W=1.785./(12.93.*p+1).^2;
A=abs(W); fi=phase(W);
ga=abs(fi)+atan(m)-pi;
Kp_Tiz=w.*sqrt(m.^2+1).*(m.*cos(ga)-
sin(ga))./A+w.^2.*(1+m.^2)*Td;
Kp=sqrt(m.^2+1).*cos(ga)./A+2*Td*m.*w;
[Kp_Tiz_rozr,s]=max(Kp_Tiz),
Kp_rozr=Kp(s),
figure(1);plot(Kp,Kp_Tiz);xlabel('kp');ylabel('kp/Tiz,
c^-^1');
title('Granucja zapasy stijkosti');grid;
Tiz=Kp_rozr/Kp_Tiz_rozr; ym=Td/Tiz,
```

Результатом виконання даної програми є (рис. 3.4):

Оптимальні параметри настроювання вибираємо в точці, де Kp/Tiz є максимальним. Отже параметри настроювання ПД-регулятора наступні: $Kp=2,7549$; $Kp/Tiz = 0,1514$; $Td=1с$.

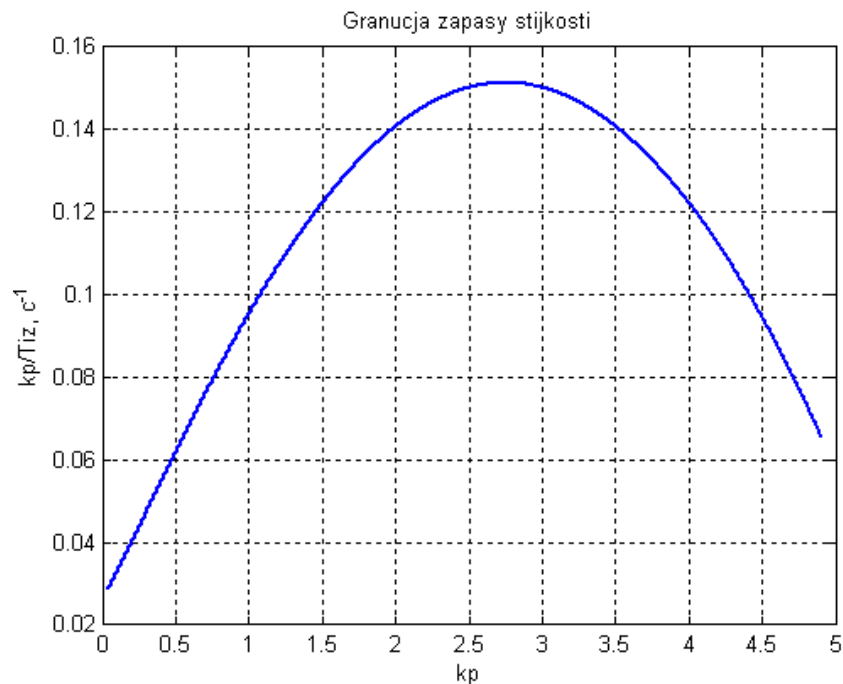


Рис.3.4. Границя області заданого запасу стійкості

Перевіримо виконання умови:

$$0 \leq \frac{T_d}{T_{iz}} < 0,5$$

$$0 < 0,0549 < 0,5$$

Отже, умова виконується. Функція передачі ПІД-регулятора матиме вигляд:

$$W_p(p) = 2,7549 + \frac{0,1514}{p} + p$$

Отже, маючи настройки ПІД-регулятора, можемо побудувати перехідний процес.

3.5. Розрахунок і побудова перехідного процесу

Перехідний процес САР будуємо на основі знайдених параметрів функції передачі об'єкту регулювання та ПІД-регулятора за допомогою математичного пакету MATLAB. На рис.3.5. приведена структурна схема регулювання рівня, реалізована в середовищі SIMULINK пакету MATLAB.

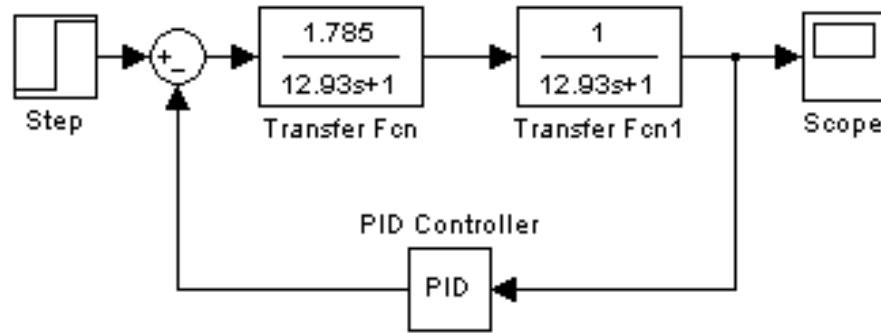


Рис.3.5. Структурна схема регулювання рівня, реалізована в середовищі
SIMULINK

Змодельємо перехідний процес у САР (рис. 3.6):

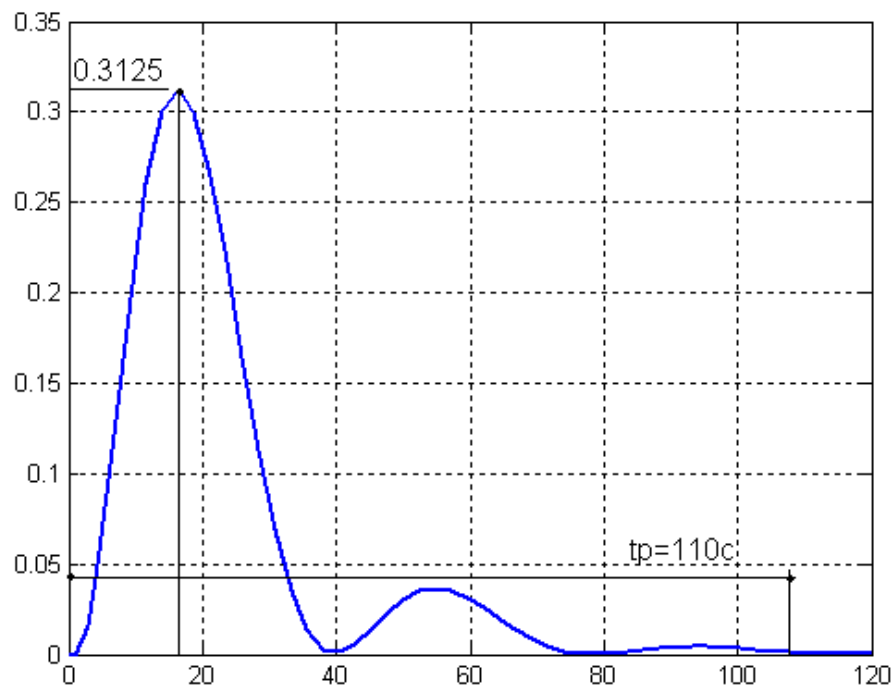


Рис.3.6. Перехідний процес у САР із ПІД-регулятором

Як видно із рисунка, максимальне динамічне відхилення, час регулювання становить $t_p = 110\text{с}$, статична похибка $\Delta_{\text{СТ}} = 0\text{м}$, коефіцієнт зникання коливань $\psi = 0,98$. Отриманий перехідний процес задовільняє вимоги до якості процесу регулювання. Отже, даний регулятор забезпечує вимоги до процесу регулювання.

3.6. Опис функціональної схеми автоматизації

В роботі реалізовано такі контури регулювання на загальній розгорнутій схемі автоматизації:

1. Контур стабілізації витрати вапняного молока.
2. Контур регулювання температури в реакторі.
3. Контур регулювання рівня рідини в реакторі.
4. Контур регулювання концентрації готового продукту в реакторі.

Контур регулювання витрати вапняного молока. Вимірювання витрати вапняного молока здійснюється методом змінного перепаду тисків, для чого на трубопроводі встановлюють камерну діафрагму поз. 1-1. Перепад тиску, створений діафрагмою, перетворюється тензометричним вимірювачем різниці тисків „Сапфір-22ДД-Ех” поз. 1-2 у струмовий сигнал 0...5 мА, який подається на ПЗО контролера. Далі цей сигнал перетворюється згідно із заданими алгоритмами керування в залежності від відхилення параметрів від заданих значень і формуються сигнали регулюючої дії, які через ПЗО надходять на безконтактний реверсивний пускач (поз. 1-4), що вмикає виконавчий механізм типу МЕО (поз. 1-5) регулюючого клапанів (поз, 1-6) встановленого на трубопроводі подачі вапняного молока. На щиті встановлено реєструючий прилад (поз 1-3), призначений для показу і реєстрації витрати.

Контур регулювання температурного режиму в реакторі. Температура в реакторі вимірюється термоперетворювачем електричного опору типу ТСМ-1088 (поз. 2-1), під'єднаним до підсилювача резистивних сигналів БУС-20 контролера „Реміконт Р-130”. Вихідний сигнал з цього підсилювача подається на один з модулів пристрою зв'язку з об'єктом (ПЗО) „Реміконт Р-130”. Далі цей сигнал перетворюється згідно із заданим алгоритмом керування (ПІ – закон регулювання) і формується сигнал регулюючої дії, який через ПЗО надходить на безконтактний реверсивний пускач (поз. 2-3), що вмикає виконавчий механізм типу МЕО (поз. 4-4) регулюючого клапана (поз. 2-5), встановленого на лінії подачі гарячої води. Крім цього сигнал від термоперетворювача електричного опору подається до реєструючого пристрою типу РП-160 поз. 2-2, який встановлено на щиті.

В контурі регулювання передбачено також сигналізацію зниження температури підігрітої води нижче від гранично допустимого значення (сигнальна лампа HL 1).

Контур регулювання концентрації готового продукту в реакторі. Концентрація готового продукту вимірюється первинним перетворювачем поз. 3-1, уніфікований сигнал з якого подається на вхід ПЗО „Реміконт Р-130”. Далі цей сигнал перетворюється згідно із заданим алгоритмом керування і формуються вихідні дії, які через ПЗО надходять на безконтактний реверсивний пускач (поз. 3-4), що вмикає виконавчий механізм типу МЕО (поз. 3-5) регулюючого клапана (поз. 3-6), встановленого на лінії подачі миш’яковистого ангідриду. Крім цього сигнал подається до реєструючого пристрою типу РП-160 поз. 3-2, який встановлено на щиті.

При досягненні концентрацією одного із крайніх положень на щиті вмикаються відповідні сигнальні лампи (HL2, HL3).

Контур регулювання рівня в реакторі. Значення вказаного рівня вимірюються радарним рівнеміром (поз. 4-1) уніфікованим струмовим вихідним сигналом 0...5 мА, що подається на вхід ПЗО „Реміконт Р-130”. Далі цей сигнал перетворюється згідно із заданими алгоритмами керування в залежності від відхилення параметрів від заданих значень і формується сигнал регулюючої дії, який через ПЗО надходить на безконтактний реверсивний пускач (поз. 4-3), що вмикає виконавчий механізм типу МЕО (поз. 4-4) регулюючого клапана (поз. 4-5), встановленого на лінії вивантаження готового продукту. Крім цього сигнал подається на показуючий пристрій (поз. 4-2), встановлений на щиті керування технологічним процесом.

При досягненні рівнем одного із крайніх положень на щиті вмикаються відповідні сигнальні лампи (HL4, HL5).

Контроль витрати миш’яковистого ангідриду. Функціональною схемою автоматизації передбачено контроль витрати миш’яковистого ангідриду. Вимірювання витрати здійснюється вимірювальною системою DensFlow фірми SWR Engineering (поз. 5-1, 5-2). з струмовим уніфікованим сигналом 0...5 мА,

який подається на показуючий і реєструючий прилад поз. 5-3, встановлений на щиті.

Дистанційне керування приводом мішалки реактора. Часова програма керування технологічним процесом закладається в мікропроцесорний контролер, таймер якого визначатиме моменти появи на ПЗО керуючих дискретних сигналів вмикання електродвигунів відповідних мішалок. Керуючий дискретний сигнал з мікропроцесорного контролера діє через блок БПР-20 на відповідний магнітний контактний пускач, який замиканням своїх контактів вмикає коло живлення електродвигуна. При цьому на щиті вмикається сигнальна лампочка.

3.7. Специфікація на засоби автоматизації

Від правильного вибору технічних засобів автоматизації (ТЗА) значною мірою залежить працездатність системи автоматизації. В зв'язку з цим при виборі засобів автоматизації необхідно враховувати особливості об'єкта керування, умови, при яких буде працювати апаратура, відстань між пунктом керування та об'єктом автоматизації, характеристики надійності засобів автоматизації.

Рекомендується вибирати засоби автоматизації, перевірені на практиці в даних умовах роботи. Прилади за принципом дії, діапазоном вимірювання, іншими метрологічними характеристиками вибираються за довідниками, каталогами підприємств України, а також зарубіжних фірм, вироби яких сертифіковані в Україні (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Специфікація на засоби автоматизації

№ ч\ч	№ позиції	Назва і технологічне позначення параметр f , його номінальне значення	Місце встановлення ТЗА	Назва та коротка технічна характеристика ТЗА	Тип ТЗА	К-ть	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1-1	Витрата вапняного молока. $F_{vm} = 0,913 \text{ м}^3/\text{год.}$	На трубопроводі	Діафрагма камерна	ДК1-100	1	

	1-2		За щитом	Вимірювальний перетворювач різниці тисків. Вих сигнал 0...5 мА. Основна похибка $\pm 0,5\%$.	«Сап-фір 22 ДД»	1	
	1-3		На щиті	Вторинний прилад Діапазон 0...1 м ³ /год, клас точн. 0,5	РП-160	1	
	1-4, 2-3, 3-4, 4-3, 6-1		За щитом	Пускач безконтактний реверсивний.	ПБР-2М	5	
	1-5, 2-4, 3-5, 4-4		На трубопроводі	Виконавчий механізм (номінальний крутний момент 16 Н·м, номінальний час ходу валу 10 с, номінальний повний хід валу 0,25 об.)	МЕО-16/10-0,25-82	4	
	1-6, 2-5, 3-6, 4-5		На трубопроводі	Регулюючий клапан	25ч939 нж	4	
2	2-1	Температура в реакторі. Тр = 87°C.	По місцю (внизу реактора в корпусі під кутом)	Термоперетворювач опору . Діапазон: -25÷125°C. Клас допуску В, похибка: $\pm 0,7\%$.	ТСМУ-0289	1	-
	2-2			Вторинний прилад Діапазон 0...150 °С, клас точн. 0,5.	РП-160	1	
3	3-1, 3-2	Концентрація миш'яку в пульпі арсеніту кальцію. Qак = 5г/л.	По місцю (зверху на трубопроводі)	Індуктивний концентратомір. Вихід: 4÷20мА. Діапазон: 0÷10г/л. Температура середовища:	Kobold АСІ-Z-1-R-0	1	

				0÷150°C. Основна похибка: ≤2%. Живлення: 22÷30В пост. струму.			
4	4-1	Рівень рідини в реакторі. Lp = 1,785м.	По місцю (зверху на кришці реактора)	Радарний рівнемір із конічною антеною. Живлення: 16÷24В. Вихід: 4÷20мА. Діапазон: 0,45÷5м. Похибка: 1,5%. Температура середовища: -10÷180°C.	Rosemount 5400 (антена 5401-A-N-1-NA-4S-PV-CA-M1C1)	1	-
	4-2		На щиті	Вторинний прилад Діапазон 0...2 м, клас точн. 0,5.	КП-140	1	
5	5-1	Витрата миш'яковистого ангідриду. Fбм = 1,937м³/год.	По місця (зверху на трубопроводі)	Витратомір (поглинання ел.-магнітних хвиль) сипучих речовин та розбавлених у воді порошоків. Склад: сенсор та модуль обробки. Вихід: 4÷20мА; Діапазон: 0÷6м³/год.; Температура середовища: 0÷120°C; Основна похибка: ±2%; Живлення: 24В пост. струму.	Dens Flow	1	
	5-2		На щиті	Вторинний прилад Діапазон 0...2 м³/год, клас точн. 0,5.	РП-160	1	

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз стану виробничої санітарії і гігієни праці

Техніка безпеки являє собою комплекс технічних і організаційних заходів, які спрямовані на попередження обслуговуючого персоналу від травматизму, шкідливого впливу, які викликані умовами праці.

Правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні і лікувально-профілактичні заходи та засоби являють собою підґрунтя для реалізації вимог охорони праці на підприємствах. Саме тому проектування, будівництво, оснащення та усі інші процеси виробництва повинні здійснюватися з урахуванням правил охорони праці та пожежної безпеки. Персонал зобов'язаний ознайомитися та вивчити характеристики вибухо-, пожежо-, електробезпечних речовин, приладів та механізмів, а також з НПАОП 15.5-1.05-99 Правила охорони праці для працівників підприємств по переробці молока. Аналогічним чином адміністрація виробництва повинна дотримуватися інструкцій, правил та наказів з охорони праці, а також вести журнали інструктажів, аварій, професійних захворювань і так далі. Загалом усі заходи - як і підприємства, так і працівника - мають забезпечити максимально безтравматичне та безпечне місце роботи.

Для зменшення ризиків виникнення нещасних випадків в дипломному проекті необхідно передбачити заходи з охорони праці.

Робота по забезпеченню безпеки праці є однією з найважливіших сторін діяльності підприємства.

Наявність кваліфікованого персоналу на підприємстві одна з найважливіших умов безпеки праці на виробництві. Тому на підприємствах створюється спеціальна система навчання працівників по охороні праці.

Згідно з Законом України "Про охорону праці" служба охорони праці створюється власником підприємства. Служба охорони праці займається вирішуванням наступних завдань:

- забезпечення безпеки виробничої праці, устаткування, будівельних споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;

- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів праці;
- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працюючих.

4.2. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці

Згідно статті 13 закону України про охорону праці «Управління охороною праці та обов'язки роботодавця», третього розділу «Організація охорони праці», роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Згідно статті 6 закону України про охорону праці «Права працівників на охорону праці під час роботи», другого розділу «Гарантії прав на охорону праці», умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

Відповідно до статті 8 закону України про охорону праці «Забезпечення працівників спецодягом, іншими засобами індивідуального захисту, мийними та знешкроджувальними засобами» на роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, працівникам видаються безоплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкроджувальні засоби.

Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Норми виробничого мікроклімату регламентують державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6-042-99.

Показниками, що характеризують мікроклімат є температура повітря; відносна вологість повітря; швидкість руху повітря та теплове навантаження.

Приміщення підприємства повинні розміщатись відповідно до вимог,

затверджених у встановленому порядку будівельних норм і правил, санітарних і протипожежних норм проектування.

Вентиляція та опалення

Необхідно, щоб повітря робочої зони виробничих приміщень відповідало вимогам ДСН 3.3.6.042-99.

Під час перевищення у приміщеннях норм концентрації шкідливих газів і пилу, що передбачаються санітарними нормами, необхідно негайно вивести людей в безпечну зону та вжити заходів щодо ліквідації загазованості та запиленості повітря.

Для локалізації пиловиділень необхідно передбачати герметизацію та аспірацію устаткування, застосування зволоження, сигналізацію про заповнення бункерів, регулярне прибирання приміщень.

Всмоктуючі та видувні отвори вентиляторів повинні бути загороджені решітками.

Відбір зовнішнього повітря не повинен виконуватись на висоті менше ніж 2 м від землі і в місцях, забруднених різними шкідливими речовинами.

Для опалення приміщень повинні бути передбачені системи, теплоносії і пристрої, які не створюють додаткових виробничих шкідливих факторів.

Системи опалення будинків і споруд підприємства необхідно вибирати з урахуванням вимог ДСП 173-96 і СНіП 2.04.05-91.

Температура повітря в приміщеннях в холодну пору року не повинна бути нижче 14°C при легкій фізичній роботі, 12°C при роботі середньої важкості і 8°C при важкій роботі.

Вібрації та шум

Рівні вібрації та шуму, що впливають на працівників, повинні відповідати вимогам Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, Державних санітарних норм виробничої загальної та локальної вібрації, затверджених постановою головного державного санітарного лікаря України.

Вентилятори, повітродувки, рівні шуму яких перевищують допустимі

норми, необхідно розташовувати у звукоізолювальних камерах або у звукоізолювальних кожухах (укриттях), обладнувати глушниками шуму з боку всмоктування та нагнітання, а також засобами віброізоляції, що запобігають передачі вібрацій трубопроводам і фундаментам.

Для усунення шкідливого впливу на працівників підвищеного рівня шуму повинні застосовуватись засоби індивідуального захисту.

Освітлення

Робоче освітлення повинно забезпечувати на робочих поверхнях освітленість і яскравість відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд» та ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення», затверджених наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від. Джерела живлення аварійного освітлення повинні відповідати вимогам чинних нормативно-правових актів.

Улаштування, монтаж і експлуатація силового та освітлювального устаткування необхідно провадити з дотриманням вимог НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.32-01 та інших чинних нормативно-правових актів.

Показники освітлення території підприємства, допоміжних приміщень і робочих місць у цехах повинні відповідати встановленим нормам. У структурних підрозділах підприємства необхідно застосовувати робоче, аварійне та евакуаційне освітлення.

Робоче освітлення повинно забезпечувати освітленість і яскравість на робочих поверхнях не нижче нормативної.

Аварійним освітленням необхідно забезпечувати на робочих поверхнях освітленість не менше 5% від нормативної, установленної для цих поверхонь.

Світильники повинні відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.32-01 і розміщуватися таким чином, щоб забезпечити надійність їх кріплення, безпеку та зручність обслуговування.

Оскільки в технологічному процесі використовується природний газ, то можливе накопичення вибухонебезпечної метано-повітряної суміші, тому системи електроосвітлення повинні бути зроблені у вибухобезпечному виконанні.

Заходи безпеки

У приміщеннях з підвищеним забрудненням пилом електропроводка та електропускові пристрої необхідно виконувати таким чином, щоб забезпечувалася можливість вологого прибирання приміщень. В електромашинних приміщеннях необхідно передбачати прибирання пилу з електроустаткування пилососом.

На роботах, що пов'язані з небезпекою ураження електричним струмом, повинні застосовуватися засоби захисту відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98, Правил безпечної експлуатації електроустановок, Правил експлуатації електрозахисних засобів, НПАОП 40.1-1.07-01.

Органи керування на пульті та на щиті повинні розташовуватись в послідовності запуску і зупинки обладнання. Кнопки запуску повинні бути втоплені на 3-5 мм за габарити пускової коробки, а кнопки зупинки повинні бути червоного кольору і виступати на 3 мм.

Органи керування на пульті або на щиті повинні розташовуватись на відстані не більше ніж 800 мм від вертикальної осі сидіння.

Електричні прилади та щити необхідно заземлювати відповідно до вимог чинних нормативно-правових актів.

Контрольно-вимірювальні прилади повинні освітлюватися відповідно до норм освітленості.

Стан і робота приладів, засобів автоматизації, сигналізації, дистанційного керування та пристроїв захисних блокувань повинні постійно контролюватися.

Регулювання та ремонт приладів і засобів автоматизації повинні виконувати тільки працівники служби контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації.

На всіх засобах вимірювання, що контролюють граничні значення параметрів технологічного процесу, червоною фарбою повинні помічатися гранично допустимі значення параметра, що вимірюється.

4.3. Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств та підприємців. Це відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств. НАПБ А.01.001-2015 Правил пожежної безпеки в Україні. Забезпечення пожежної безпеки при проектуванні, будівництві, розширенні, реконструкції та технічному переоснащенні підприємств, будівель і споруд покладається на органи архітектури, замовників, забудовників, проектні та будівельні організації.

Технічні рішення системи запобігання пожежі.

Проектом передбачене наступне:

- всі елементи, які можуть у процесі роботи іскритися, установлюються у вогнетривких шафах. Застосовуються іскрогасящі діоди;
- кабелі прокладаються на відстані 1 м від нагрітих поверхонь або захищаються екранами з неспалених матеріалів. Всі елементи кабельного господарства прокладаються в коробах, захисних трубах;
- при аварійних ситуаціях передбачене використання аварійного захисту, що відключає встаткування;
- для захисту від короткого замикання застосовуються плавкі запобіжники й автоматичні вимикачі;
- для запобігання згоряння всі деталі й елементи виготовляються з неспалених і важко спалених матеріалів (в основному металеві конструкції).

Технічні рішення системи протипожежного захисту. Для виявлення початкової стадії пожежі, повідомлення про місце його виникнення й включення установок пожежогасіння відповідно до проекту застосовують наступні установки пожежної сигналізації на базі автоматичних пожежних оповіщувачів.

Установка електричної пожежної сигналізації відповідно складається з оповіщувачів - датчиків (у даному проекті - датчик комбінованого типу КМ-1, що реагує на дим і підвищення температури), встановлених у приміщеннях, що захищають, ліній зв'язку й прийомної станції СДПУ-1 з живленням від мережі змінного струму 220В встановлюваний у приміщенні щитової. У випадку

виникнення пожежі за допомогою світлових і звукових сигналів буде вироблятися оповіщення обслуговуючого персоналу й пожежної команди.

Приміщення обладнане первинними засобами пожежогасіння - вогнегасником 2БР2МА (вуглекислотний). При пожежі в електроустановках, які перебувають під напругою.

Для гасіння пожеж використовується вода. Приміщення обладнане протипожежним водопроводом.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Автоматизація виробничих процесів є основним засобом технічного прогресу, одним із найбільш ефективних шляхів підвищення продуктивності праці. Автоматичне управління і регулювання виробничих процесів дозволяє підвищити продуктивність обладнання і звільнити робітників від одноманітних і стомлюючих операцій по управлінню механізмами.

Використання сучасної мікропроцесорної техніки дає можливість покращити точність і якість керування процесом, стабілізувати основні технологічні параметри.

Вдосконалення системи автоматизації циліндрично-конічних бродильних апаратів направлене на підвищення ступеня керування технологічним процесом та покращення умов праці в цілому, за рахунок полегшення обслуговування технологічного обладнання та зниження рівня впливу небезпечних факторів на працюючих .

Одноразові капітальні витрати включають в себе вартість контрольно-вимірювальних і регулюючих приладів та засобів автоматизації, монтажних, будівельних і налагоджувальних робіт, втрати від ліквідації звільненої техніки.

Згідно заводських даних вартість виробів, апаратів, засобів автоматизації і приладів складає 109741,63 грн. транспортно-заготівельні витрати враховуються в розмірі 8 % від купівельної ціни засобів автоматизації і складають 8779,33 грн.

Витрати на монтаж системи автоматизації визначаються вартістю матеріалів, які витрачаються при проведенні монтажних робіт і витратами, пов'язаними з заробітною платою робітників. Згідно заводських даних витрати на монтаж системи автоматизації складають 2154,5 грн.

Вартість налагодження апаратури згідно даних підприємства складає 10 % купівельної вартості засобів автоматизації і становить 10974,16 грн.

Вартість будівельних робіт Ц₆, пов'язаних з реконструкцією приміщень і влаштуванням фундаментів під щити, визначають за залежністю:

$$Ц_6 = V \cdot Ц_v \left(1 + \frac{C}{100}\right), \text{ де}$$

V – об’єм будівлі, який підлягає реконструкції; за проектом $V=25 \text{ м}^3$; $Ц_v$ – ціна за 1 м^3 об’єму приміщення, що підлягає реконструкції; за даними підприємства $Ц_v = 195$ грн; C – витрати на роботи по опаленню, освітленню, каналізації. За даними підприємства ці витрати складають 10 %. Тоді вартість будівельних робіт рівна: $Ц_6 = 25 \times 195(1+0,1) = 5362,5$ грн.

Витрати на санітарно-технічні роботи згідно даних підприємства становить 20 % вартості будівельних робіт і складають 1072,5 грн.

Витрати на демонтаж існуючої системи автоматизації згідно даних заводу є рівними 50 % вартості монтажних робіт і чисельно складають 1077,25 грн.

Загальні капітальні витрати на впровадження запроєктованої системи автоматизації: $Ц = 109741,63 + 8779,33 + 2154,5 + 10974,16 + 5362,5 + 1072,5 + 1077,25 = 139161,87$ грн.

Затрати на амортизацію становлять 25% від вартості засобів автоматизації

$$V_{\text{аморт}} = 109741,63 \times 0,25 = 27435,4 \text{ грн в рік.}$$

Затрати на планові ремонти обладнання закладені у розмірі:

$$V_{\text{пл,рем}} = 6500 \text{ грн}$$

Отже, експлуатаційні витрати на автоматизацію становлять :

$$V = 27435,4 + 6500 = 33935,4 \text{ грн.}$$

Річну виробничу потужність обладнання неперервної дії можна визначити за формулою: $V = N \cdot n_r \cdot (T - T_0)$, де

N – кількість однорідних апаратів; n_r – продуктивність одиниці обладнання за годину; T_0 – регламентовані зупинки одного апарата, годин; T – календарний час, годин.

Для проведення розрахунків собівартість запроєктованого і базового варіантів повинна визначатися за єдиною методикою при однакових цінах на сировину, матеріали, електроенергію, рівних обсягах виробництва. Тому з врахуванням різниці в річному випуску продукції розраховують додаткові

капітальні вкладення з допомогою показника питомих капітальних вкладень за формулою:

$$K_d = \left(\frac{K_2}{Q_2} - \frac{K_1}{Q_1} \right) \cdot Q_2, \text{ де}$$

K_1, K_2 – капітальні вкладення відповідно в базовий і запроєктований варіанти; Q_1, Q_2 – річний випуск продукції відповідно в базовому і запроєктованому варіанті.

$$K_d = \left(\frac{13916187}{5649,6} - \frac{94193,58}{5380,6} \right) \cdot 5649,6 = 40258,21 \text{ грн.}$$

Економію за рахунок зниження витрат сировини і матеріалів розрахуємо за даними підприємства за формулою:

$$E_m = (V_1 C_1 - V_2 C_2) Q_2, \text{ де}$$

V_1, V_2 – обсяг сировини, матеріалів, які витрачаються на виробництво одиниці продукції відповідно до і після введення нової системи автоматизації; C_1, C_2 – відповідно ціна одиниці сировини, матеріалів.

Загальна економія за рахунок зниження витрат сировини і матеріалів складе:

$$E_3 = 103747,69 \text{ грн.}$$

Зміни у витратах на електроенергію розраховуються за даними підприємства за формулою: $E_e = (m_1 - m_2) C_2 Q_2$, де

m_1, m_2 – витрати електроенергії на одиницю продукції відповідно до і після введення нової системи автоматизації; C_2 – ціна одиниці енергії.

Тоді за даними підприємства

$$E_e = (0,018 - 0,0229) \times 5649,6 = -129,19 \text{ грн.}$$

Тобто, додаткові витрати на електроенергію складуть 129,19 грн. Необхідно зауважити, що витрати електроенергії зростають не за рахунок збільшення енергоємності обладнання, а із-за суттєвого розширення його бази.

Економію по заробітній платі робітників визначають у відповідності зі зміною чисельності основних і допоміжних робітників і їх середньорічної заробітної плати.

Явочна чисельність чергових слюсарів буде рівною:

$$Ч_{\text{ячсл}} = \frac{(15 \times 15 + 23 \times 10 + 20 \times 1 + 120 \times 5) \cdot 1}{480} = 2,46 \text{ чоловік.}$$

Згідно даних підприємства, на заводі застосовується чотирибригадний графік з тривалістю зміни 7,8 години.

Річний економічний ефект визначаємо за формулою :

$$\varepsilon_p = \varepsilon_{\text{заг}} - E_n * K ;$$

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \varepsilon_i - B ;$$

де $\varepsilon_{\text{заг}}$ - загальна умовно-річна економія за рахунок різноманітних джерел;

ε_i - економія за рахунок і-го джерела (палива, енергії, зарплати);

$E_n * K$ - капітальні затрати на автоматизацію (згідно кошторису) ;

E_n - нормативний коефіцієнт ($E_n = 0.15$);

B - експлуатаційні затрати на автоматизацію.

Таким чином, $\varepsilon_i = 210993,94$ грн. $B = 33935,4$ грн. $K = 139161,87$ грн.

$$\varepsilon_{\text{заг}} = 210993,94 - 33935,4 = 177058,54 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект :

$$\varepsilon_p = 177058,54 - 0.15 * 139161,87 = 156184,26 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначимо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = K / \varepsilon_{\text{заг}} = 139161,87 / 177058,54 = 0,786 \text{ року} = 287 \text{ днів.}$$

Коефіцієнт ефективності $\varepsilon = \varepsilon_{\text{заг}} / K = 1 / T_{\text{ок}} = 1 / 0,786 = 1,27$.

Річний економічний ефект від запровадження автоматизації даного технологічного процесу 156184,26 грн. Термін окупності – 0,786 року.

Запровадження запропонованої системи автоматизації дає річний економічний ефект в сумі 156184,26 гривень, а термін окупності становить 0,786 року.

ВИСНОВКИ

На основі солей миш'яковистої і миш'якової кислот (арсенітів і арсенатів) виготовляють різноманітні засоби медицини, препарати для сільського господарства. Арсеніт кальцію широко використовують в якості отрути для боротьби зі шкідниками в сільському господарстві та при опиленні бавовняних полів. Ця речовина дуже ефективна проти всіх основних видів шкідників. Технологічним процесом в даній роботі є процес утворення арсеніту кальцію мокрим методом - порошкоподібний ангідрид миш'яку в цьому методі використовують у виді рідкої (розбавлений у воді) форми – розчин миш'яковистого ангідриду.

В якості показника ефективності процесу утворення арсеніту кальцію мокрим способом в реакторі неперервної дії з ідеальним перемішуванням є концентрація вхідного компонента (білого миш'яку – миш'яковистого ангідриду As_2O_3). Реактори неперервної дії мають неперервне живлення реагентами. Видалення продуктів реакції також неперервне. За виключенням періоду запуску і зупинки реактор працює в постійному режимі. Для таких реакторів тривалість реакції не може бути виміряна безпосередньо, оскільки в реакційному просторі змінюється не тільки склад, але і температура, число моделей, об'єм і лінійна швидкість реагентів. В цьому випадку замість тривалості реакції використовують поняття часу контакту фаз. Час контакту визначається як відношення об'єму реакційної суміші V_r в реакторі (необхідного об'єму реактора) до об'єму витрати реагентів Q_v .

Арсеніт кальцію як кінцевий продукт повинен містити не менше 62% As_2O_3 , в тому числі не більше 0,5% вільного As_2O_3 ; вміст вологи не повинен перевищувати 1,5%. Перед подачею білого миш'яку в реактор заливають вапняне молоко, яке потім підігрівається за допомогою гарячої води через теплообмінну сорочку і труби в середині реактора. Проте для забезпечення якнайкращих умов проведення синтезу пульпи арсеніту кальцію вапняне молоко має легко гаситись водою і містити не менше 92% активної оксиду кальцію (або 70% активної окисі кальцію в пушинці). Вміст вологи не повинен перевищувати

10 % до готовності транспортування пульпи в пристрій розділення її на арсеніт кальцію і воду. Для даного технологічного процесу вибрано реактор з такими характеристики: внутрішній діаметр, мм (не менше): 500; умовний надлишковий тиск, МПа: до 1,6 (в мене 0,3); умови: отруйні сполуки з динамічною в'язкістю не більше 10Па*с і густиною до 1800 кг/м³; клас: 4 та 5 клас апаратів свого роду; теплообмінний пристрій: теплообмінна оболонка із напівтруб; номінальний об'єм, м³: 2,0.

Як об'єкт регулювання розглядаємо реактор неперервної дії з механічною мішалкою для синтезу арсеніту кальцію.

Регульованим технологічними параметрами у даному технологічному процесі є: якість кінцевого продукту (концентрація); температура в реакторі; рівень в реакторі.

У відповідності з технологічним регламентом контролюються наступні параметри процесу:

- витрата вапняного молока (як рідкої суспензії);
- витрата миш'яковистого ангідриду (як розбавленого порошку у воді);
- температура гарячої води;
- температура в реакторі (температура реакції);
- концентрацію миш'яковистого ангідриду в пульпі;
- рівень в реакторі;

Всі ці параметри підлягають неперервному контролю з необхідністю їх показів та реєстрації.

Вибрана оптимальна система автоматизації процесу передбачає такі контури регулювання:

1. Контур регулювання витрати вапняного молока.
2. Контур регулювання та сигналізації концентрації арсеніту кальцію зміною витрати миш'яковистого ангідриду.
3. Контур регулювання та сигналізації рівня рідини в реакторі.
4. Контур регулювання та сигналізації температури в реакторі.

Для вимірювання витрати вапняного молока використовуємо метод змінного перепаду тиску. Витратомір укомплектований діафрагмою камерною типу ДК 1-100, умовний діаметр 100 мм і умовний тиск 20 кПа і вимірювальним перетворювачем різниці тисків “Сапфір 22 ДД”.

Для вимірювання витрати миш’яковистого ангідриду мною використано вимірювальну систему Dens Flow фірми SWR Engineering. Її робота заснована на спеціальному ємнісному контакті (взаємодії) електромагнітних хвиль у вимірювальній трубі що генерують однорідні електромагнітні поля.

Для вимірювання температури суміші в реакторі я використовую два однакові термоперетворювачі опору з уніфікованими вихідними сигналами типу ТСМУ 0289.

Для вимірювання концентрації миш’яковистого ангідриду в кінцевому продукті (пульпі арсеніту кальцію) я вибрав індуктивний концентратомір Kobold ASI-Z який призначений в основному для виміру специфічної питомої провідності в рідких матеріалах з випаданням в осад ряду солей, в тому числі і миш’яковистих солей.

Для вимірювання рівня реакційної суміші в реакторі вибрано радарний рівнемір фірми Rosemount із конічною антеною, що кріпиться зверху реактора (під кришку) антеною вниз.

Для керування технологічним процесом вибираю компактний малоканальний багато-функціональний мікропроцесорний контролер «Реміконт Р-130».

Для моделювання виберемо контур регулювання рівня в реакторі, який є дуже важливим в нашому випадку, оскільки він визначає дотримання матеріального балансу в процесі.

Вхідною величиною даного об’єкта регулювання (реактора) є витрата розчину ангідриду миш’яку, а вихідною – рівень в реакторі.

$$\text{Функція передачі : } W(p) = \frac{1,785}{(12,93p + 1)^2}.$$

Перехідний процес САР будемо на основі знайдених параметрів функції передачі об'єкту регулювання та ПІД-регулятора за допомогою математичного пакету MATLAB. Максимальне динамічне відхилення , час регулювання становить $t_p = 110\text{с}$, статична похибка $\Delta_{\text{ст}} = 0\text{м}$, коефіцієнт зникання коливань $\psi = 0,98$. Отриманий перехідний процес задовільняє вимоги до якості процесу регулювання. Отже, даний регулятор забезпечує вимоги до процесу регулювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація виробничих процесів: навч. посібник / Фединець В.О., Васильківський І.С., Николин Г.А.-Львів: СПОЛОМ, 2023.-192 с.
2. Автоматизація виробничих процесів/ Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський О.К., Лящук О.Л. - Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011.-344 с.
3. Автоматизація виробничих процесів/І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед.- К.:Ліра, 2015.- 340 с.
4. Л.М. Артюшин, О.А. Машков,Б.В. Дурняк, М.С. Сівов. Теорія автоматичного керування. — Львів: Видавництво УАД, 2004.
5. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації, Ч. 2 «Регулювальні і виконавчі пристрої»/А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін. – Х.: НТУ«ХП», 2003.– 658 с.
6. Бабіченко А.К. Практикум з вимірювань та технічних засобів автоматизації / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, І.Л. Красніков та ін. – Х.: НТУ «ХП», 2009. – 114 с.
7. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, СЄ. Гранат, В.О. Ковальов. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
8. Воробйова О.М. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. / Воробйова О.М., Флейта Ю.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2018. – 208 с.
9. Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І.В. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості.- К.: Аграрна освіта, 2001.- 224 с.
10. Малежик І.Ф., Циганков П.С. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник. К.:НУХТ, 2003. – 400 с.: іл.
11. Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування. Курс лекцій : навчальний посібник / укладачі : Б. І. Приймак. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 198 с.
12. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
13. Стенцель Й. І. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 2013. – 320 с.