

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Худолей Г.М.

“ ” _____ 2020 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

"Система управління технологічного процесу виробництва нітробензолу"

Керівник проекту

А.Г. Серяков

Проектант:

студент групи СУ-61Ш

О.В. Циганок

Ном. поз.	Формат.	Позначення			Найменування			Кіл. аркушів	Кіл. экз.	Примітка
					<u>Документація загальна</u>					
					<u>Застосувана</u>					
1	A4				Завдання кафедри			1	1	
					<u>Новорозроблена</u>					
2	A4	ТЗ			Технічне завдання			4	1	
3	A4				Реферат			1	1	
4	A4	СУ-61Ш.6.151.00.09.ПЗ			Пояснювальна записка			89	1	
					<u>Документація конструкторська</u>					
5	A1	СУ-61Ш.6.151.00.09.A2			Схема функціональна			1	1	
6	A1	СУ-61Ш.6.151.00.09.ЭЗ			Схема електрична принципова			1	1	
					<u>Документація щодо плакатів</u>					
					<u>Новорозроблена</u>					
7	A1				Інформаційно-матеріальні потоки			1	1	
8	A1				Алгоритм роботи системи			1	1	
9	A1				Розрахункова частина			1	1	
					СУ-61Ш 6.151.00.09					
Изм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Система управління технологічним процесом виробництва нітробензолу Відомість проекту			Лист.	Лист	Листів
Разроб.		Циганок О.В.							2	89
Перевір.		Серяков А.Г.								
Реценз.										
Н. Контр.										
Утверд.		Худолей Г.М.			III СумДУ					

РЕФЕРАТ

Циганок Олександр Володимирович. Автоматизация технологического процесса изготовления нитробензола. Дипломный проект. Шосткинський інститут Сумського державного університета. Шостка, 2020 рік.

Дипломный проект містить 74 сторінки пояснювальної записки, з урахуванням 47 малюнків, 17 таблиць; конструкторську документацію документацію, котра містить 2 креслення; 3 демонстраційних плаката.

Розроблене технічне завдання. Розроблена автоматизація технологічного процесу виготовлення нитробензола на базі програмованого логічного контролера SIEMENS SIMATIC S7-1200 . Зроблен розрахунок контуру управління температури в реакторі и розроблен алгоритм управління технологічним процесом. Задовільну якість процесу виробництва нитробензола підтверджено результатами моделювання на EOM.

Ключові слова: Технологічний процес, система управління, регулюючий мікропроцесорний контролер, алгоритм управління, регулюючий параметр параметр.

SUMMARY

Stupak Artur Olegovich. Automation of the technological process of production nitroben-ash. Diploma project. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2019 year.

A diploma project is contained by 74 leaves of explaining message, taking into account 47 pictures, 17 tables; designer document which contains 2 drafts; 3 demonstration posters.

The specification is developed. The automation of the technological process of production nitroben-ash on the basis of the programmable logical controler SIEMENS SIMATIC S7-1200 is developed. The algorithm of management is developed. Satisfactory quality of process of production nitroben-ash is confirmed with results of modeling on EVM.

Keywords: technological process, control system, the regulating microprocessor controler, the control algorithm, the adjustable parameter.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Худолей Г.М.

“ ” _____ 2020 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

*«Системи управління технологічного процесу виробництва
нітробензолу»*

Керівник проекту

А.Г. Серяков

Проектант:

студент групи СУ-61Ш

О.В. Циганок

ЗМІСТ

С.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВВЕДЕННЯ.....	7
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	9
2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ.....	19
3 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ І АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ.....	25
4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	70
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09			
И	Ли	№ док	Подпись	Дата				
<i>Разраб.</i>		Циганок О.В.			Системи управління технологічного процесу виробництва нітробензолу	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Серяков А.Г.				5	89	
<i>Реценз.</i>						ШИ СумДУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		Худолей Г.М.						

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом.

ПЧ – Перетворювач частоти.

ОУ – об'єкт управління.

ОР – об'єктом регулювання.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ТП – технологічний процес.

ПК – персональний комп'ютер.

SCADA-система (аббр. від англ. Supervisory Control And Data Acquisition) - система диспетчерського управління та збору даних..

НКС – нітраційна кислотна суміш.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕННЯ

Нітробензол використовується як вихідна сировина у виробництві аніліна, ароматичних азотовмісних сполук (бензидин, хіноліновий, азобезол), розчинник ефірів целюлози, компонент полірувальних складів для металів. Застосовується як розчинник і м'який окислювач. В основному використовується як прекурсор для виробництва аніліну.

Похідні нітробензола використовуються в якості вибухових речовин і як компонент ракетного палива. У парфумерії – як запашних або фіксують запах речовини, в тому числі – штучних мускусів. Деякі похідні нітробензолу використовуються в складі лаків і фарб. Деякі застосовуються в медицині.

На даний момент існуюча система управління і контролю даними технологічним процесом, вважається застарілою, так як вона має наступні недоліки: використовуються застаріле морально і фізично контрольно-вимірювальні прилади; наявність систем релейної логіки; відсутність централізованого управління процесом, що призводить до зниження надійності, перевитрати енергетичних і трудових ресурсів.

Методи автоматизації виробництва, наукові основи автоматизації виробництва розвиваються головним чином по 3м напрямкам. По-перше розробляють методи ефективного вивчення закономірностей об'єктів управління, їх динаміки, стійкості, залежності поведінки від впливу зовнішніх факторів. По-друге, визначають економічно доцільні методи управління, вибір найбільш ефективної залежності між вимірювальними та керуючими параметрами процесу. По-третє, ставиться завдання створення інженерних методів найбільш простого надійного і ефективного втілення структури і конструкції засобів автоматизації, що здійснюють задані функції вимірювання, обробки отриманих результатів і управління.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

В сучасну АСУ входять пристрої для первинного формування автоматичного вилучення і передачі, логічної та математичної обробки інформації, пристрої для представлення отриманих результатів людині, вироблення керуючих впливів і виконавчі пристрої.

Завданням цього проекту є рішення кола питань пов'язаних з модернізацією існуючої системи управління. Модернізація процесу буде здійснюватися з урахуванням специфічних властивостей технології виробництва нітробензолу, необхідності спрощення управління, збільшення стійкості процесів до впливу зовнішніх впливів.

Робота виконується на підставі завдання кафедри системотехніки та інформаційних технологій Шосткинського інституту СумДУ.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

1.1 Опис технічного процесу

Основний спосіб отримання нітробензолу - нітрування в умовах електрофільного заміщення бензолу.

У промисловості нітробензол отримують безперервним нітруванням бензолу сумішшю концентрованих сірчаної та азотної кислот.

ТП виробництва нітробензолу (рис. 1.1) включає такі операції:

- приготування нітраційної кислотної суміші;
- нітрування бензолу;
- кисле промивання нітробензола;
- лужне промивання нітробензола.

Нітраційна кислотна суміш (НКС) готується з концентрованою азотною кислотою, концентрованою сірчаною кислотою і водою. Для приготування використовують конденсат або питну воду. Для нітрування бензолу використовують НКС складу:

- сірчана кислота - 58-60%;
- азотна кислота - 30-32%;
- вода - 8-10%.

Приготування нітраційної кислотної суміші здійснюють в реакторі з мішалкою і сорочкою для водного охолодження.

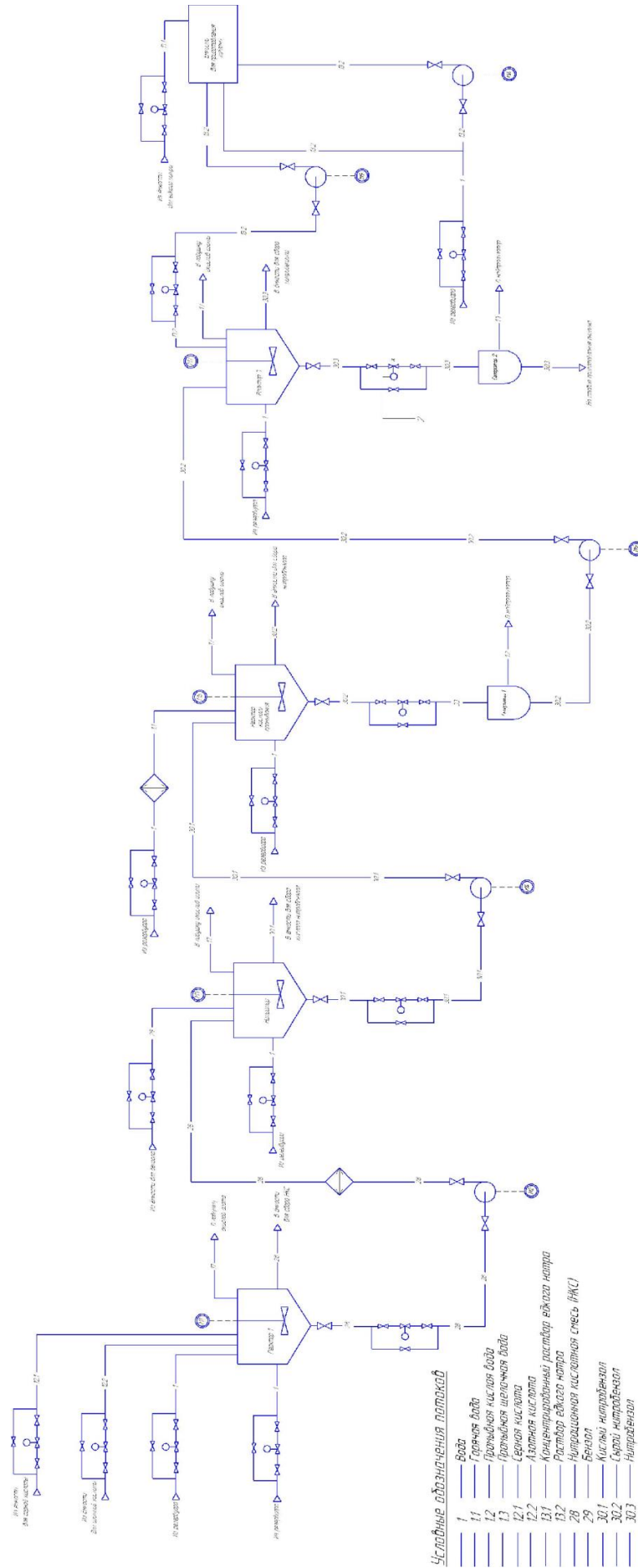
У реактор з ємності для сірчаної кислоти закачують розрахований обсяг концентрованої кислоти (витрата дорівнює 4 м³ / год), потім з ємності для азотної кислоти подають концентровану азотну кислоту (витрата дорівнює 2 м³ / год), після цього з резервуара в реактор перекачують воду до досягнення рівня 1,35 м. Потім включають мішалку і подають холодну воду в сорочку реактора під тиском 0,3 МПа.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Нітраційну кислотну суміш перемішують протягом 30 - 40 хвилин.

Подачу кислот в реактор і холодної води в сорочку реактора здійснюють таким чином, щоб температура в реакторі була в межах 15-20°C.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10



Малюнок 1.1 – Технологічна схема виробництва нітробензола

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ

Лист

11

Кондиційний НКР з реактора відцентровим насосом подають через теплообмінник в нітратор на операцію нітрування.

Після закачування НКР в нітратор подається бензол з ємності для бензола.

Після закінчення заповнення включається електродвигун мішалки нітратора, при цьому відкривається клапан на лінії подачі води в сорочку нітратора під тиском 0,28 МПа. НКР і бензол перемішують протягом 100-120 хвилин.

Подачу компонентів в нітратор і холодної води в сорочку нітратора здійснюють таким чином, щоб температура в ньому (нітраторе) була в межах 15-20 ° С.

Нітробензол з нітратора надходить на стадію кислого промивання.

Кислий нітробензол містить мінеральні кислоти (до 5%) і органічні домішки. Для відділення мінеральних кислот нітробензол промивають гарячою водою.

У реактор кислого промивання подають воду, попередньо підігріваючи в теплообміннику до 35-40 ° С. При досягненні заданого рівня (2 м) в реакторі кислого промивання автоматично закривається клапан на лінії наповнення і подача води припиняється. Потім з нітратора відцентровим насосом в реактор кислого промивання подається кислий нітробензол. Чи включається мішалка і перемішує масу при температурі 35-40 ° С протягом півгодини. Необхідна температура підтримується автоматично подачею гарячої води в сорочку реактора кислого промивання під тиском 0,3 МПа. Модуль (об'ємне відношення кислого нітропродукта до води) при цьому дорівнює 1: 2. Далі суміш самопливом надходить в сепаратор 1, де нітробензол відділяється від промивної кислоти води. Сирий нітробензол з сепаратора 1 надходить на стадію лужного промивання за допомогою їдкого натру.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Приготування 2-5% розчину їдкого натру здійснюють шляхом розведення 43-45% розчину до 2-5% в ємності для приготування лугу. Концентрований розчин лугу надходить в ємність для концентрованого лугу. При досягненні певного рівня (0,8 м) в ємності, закривається клапан на лінії наповнення і, подача розчину концентрованого розчину припиняється. У ємність для приготування лугу з мережі додають розраховану кількість води. Розчин перемішують шляхом циркуляції рідини за допомогою відцентрового насоса.

З ємності для приготування лугу відцентровим насосом закачують розраховану кількість розчину їдкого натру в реактор лужного промивання. Кількість розчину лугу залежить від загальної кислотності нітробензола. Сирий нітробензол з сепаратора 1 відцентровим насосом перекачується в реактор лужного промивання, при досягненні заданого рівня (1,5 м) закривається клапан на лінії наповнення і подачі сирого нітробензолу (раствора їдкого натру). Чи включається мішалка і перемішує масу при температурі 35-40 ° С півгодини. Необхідна температура підтримується подачею гарячої води в сорочку реактора лужного промивання під тиском 0,31 МПа (модуль приблизно дорівнює 1: 2 при використанні 3% розчину їдкого натру).

Далі суміш самопливом надходить в сепаратор 2, де нітробензол відділяється від промивної лужної води. Промитий нітробензол з сепаратора 2 надходить на стадію виготовлення аніліну.

1.2 Схема інформаційно-матеріальних потоків

На підставі ТП нітробензола складемо схему руху матеріальних потоків. Схема руху матеріальних потоків представлена на рисунку 1.2.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

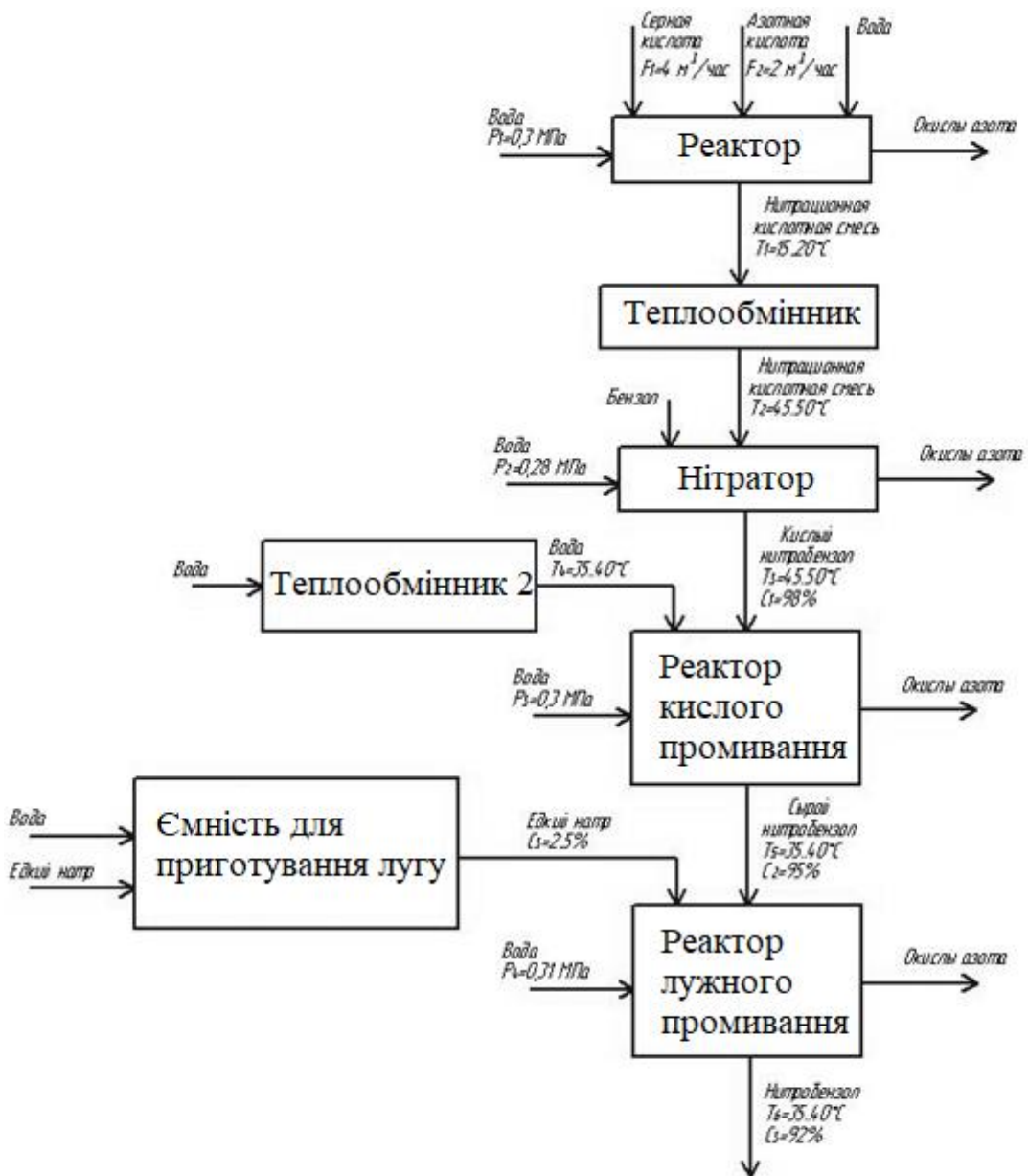


Рисунок 1.2 - Схема інформаційно-матеріальних потоків технологічного процесу виробництва нітробензолу

На основі схеми руху матеріальних потоків визначимо параметри для сигналізації, контролю і управління, які зведемо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 - Перелік параметрів сигналізації, контролю і управління

Параметр	Точка технологічного процесу	Функція	Діапазон вимірюваної величини	Допустима похибка вимірювань
Температура	Реактор	Контроль, управління, сигналізація	15...20 °С	1%
Температура	Нітратор	Контроль, управління, сигналізація	45...50 °С	1%
Температура	Реактор кислого промивання	Контроль, управління, сигналізація	35...40 °С	2%
Температура	Реактор лужного промивання	Контроль, управління, сигналізація	35...40 °С	1%
Температура	Трубопровід подачі НКР в нітратор	Контроль, сигналізація	45...50 °С	2%

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продовження таблиці 1.1

Параметр	Точка технологічного процесу	Функція	Діапазон вимірюваної величини	Допустима похибка вимірювань
Температура	Трубопровід подачі води в реактор кислого промивання	Контроль, сигналізація	35...40 °С	1%
Тиск	Трубопровід подачі води в сорочку реактора	Контроль, сигналізація	0,3 МПа	2%
Тиск	Трубопровід подачі води в сорочку нітратор	Контроль, сигналізація	0,28 МПа	1%
Тиск	Трубопровід подачі води в сорочку реактора кислого промивання	Контроль, сигналізація	0,3 МПа	1%
Тиск	Трубопровід подачі води в сорочку реактора лужного промивання	Контроль, сигналізація	0,31 МПа	2%

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

Продовження таблиці 1.1

Параметр	Точка технологічного процесу	Функція	Діапазон вимірюваної величини	Допустима похибка вимірювань
Рівень	Реактор	Контроль, управління, сигналізація	1,35 м	1%
Рівень	Нітратор	Контроль, управління, сигналізація	1,2 м	2%
Рівень	Реактор лужного промивання	Контроль, управління, сигналізація	1,5 м	2%
Рівень	Ємність для приготування луку	Контроль, управління, сигналізація	0,8 м	2%
Витрати	Трубопровід подачі сірчаної кислоти в реактор	Контроль, управління, сигналізація	5,18 м ³ /час	1%
Витрати	Трубопровід подачі азотної кислоти в реактор	Контроль, управління, сигналізація	2 м ³ /час	1%

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ

Лист

17

Продовження таблиці 1.1

Параметр	Точка технологічного процесу	Функція	Діапазон вимірюваної величини	Допустима похибка вимірювань
Концентрація	Трубопровід подачі кислого нітробензола в реактор кислого промивання	Контроль, управління, сигналізація	98%	2%
Концентрація	Трубопровід подачі сирого нітробензолу в реактор лужного промивання	Контроль, управління, сигналізація	95%	2%
Концентрація	Трубопровід подачі нітробензола на стадію приготування аніліну	Контроль, управління, сигналізація	92%	2%
Концентрація	Трубопровід циркуляції розчину їдкого натру	Контроль, управління, сигналізація	2...5%	1%

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ

Аналізуючи схему руху матеріальних потоків системи управління процесу виготовлення нітробензола, визначені наступні точки контролю, управління і сигналізації:

2.1 Температура в трубопроводі подачі НКР в нітратор

Для вимірювання температури в трубопроводі подачі НКР в нітратор може бути використана структурна схема, яка представлена на рисунку 2.1.

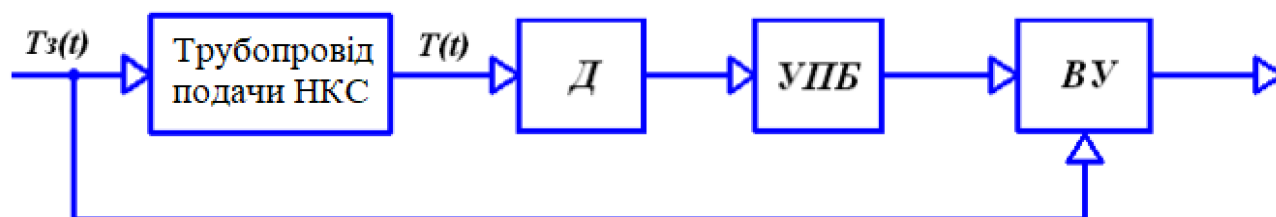


Рисунок 2.1 - Схема контролю температури в трубопроводі подачі НКР в нітратор

Вимірюється температура в трубопроводі подачі НКР в нітратор ($T(t)$) впливає на датчик (Д). Сигнал з датчика надходить на усилительнопреобразующий блок (УПБ), який в свою чергу передає уніфікований сигнал на обчислювальний пристрій (ВУ).

Також на обчислювальний пристрій надходить сигнал завдання ($T_z(t)$).

Дана схема може використовуватися і для контролю температури в трубопроводі подачі води в реактор кислого промивання.

2.2 Тиск в трубопроводі подачі води в сорочку реактора

Для вимірювання тиску в трубопроводі подачі води в сорочку реактора може бути використана структурна схема, яка представлена на малюнку 2.2.

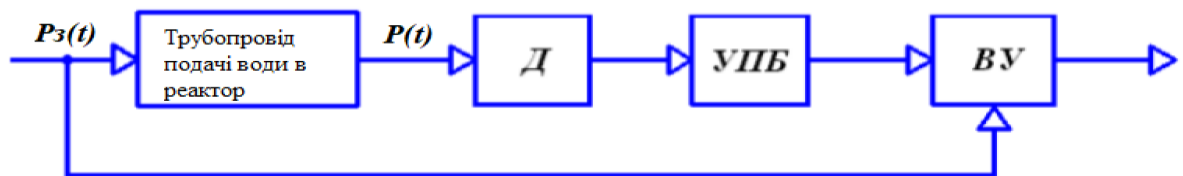


Рисунок 2.2 - Схема контролю тиску в трубопроводі подачі води в сорочку реактора

Вимірюється тиск в трубопроводі подачі води в сорочку реактора ($P(t)$) впливає на датчик (Д). Сигнал з датчика надходить на усилительнопреобразующий блок (УПБ), який в свою чергу передає уніфікований сигнал на обчислювальний пристрій (ВУ). Також на обчислювальний пристрій надходить сигнал завдання ($P_z(t)$).

Дана схема може використовуватися і для контролю тиску в трубопроводах подачі води в сорочки нітратора, реактора кислого промивання і реактора лужного промивання.

2.3 Температура в реакторі

Температура в реакторі регулюється шляхом подачі холодної води в його сорочку.

Для управління температурою в реакторі може бути використана структурна схема, яка представлена на малюнку 2.3.

Вимірюється температура в реакторі ($T(t)$) впливає на датчик (Д). Сигнал з датчика разом з сигналом завдання ($T_z(t)$) надходить на елемент порівняння. Результуючий сигнал ($e(t)$) подається на усилительнопреобразующий блок (УПБ1), який в свою чергу передає уніфікований сигнал на коригуючий пристрій (КУ), або регулятор. З КУ керуючий сигнал ($u(t)$) подається на підсилювально-преобразующий блок (УПБ2), з якого поступає на регулюючий орган (РО), який впливає на даний об'єкт управління (реактор).

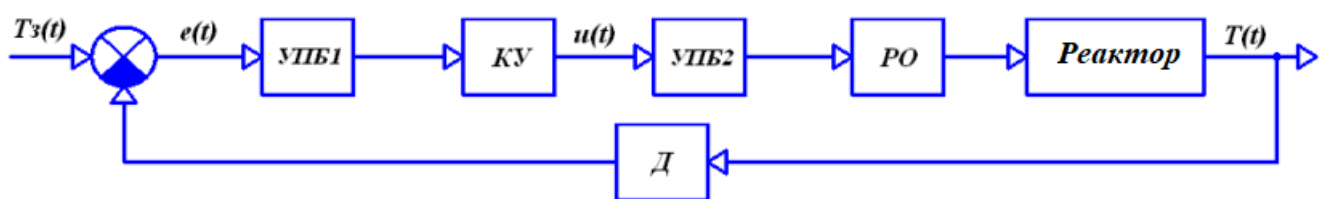


Рисунок 2.3 - Схема управління температурою в реакторі

Дана схема може використовуватися і для управління температурою в нітраторе, реакторі кислого промивання і реакторі лужного промивання.

2.4 Рівень в реакторі

Рівень в реакторі регулюється шляхом подачі води в нього.

Для управління рівнем в реакторі може бути використана структурна схема, яка представлена на рисунку 2.4.

Вимірюваний рівень в реакторі ($L(t)$) впливає на датчик (Д). Сигнал з датчика разом з сигналом завдання ($L_3(t)$) надходить на елемент порівняння. Результуючий сигнал ($e(t)$) подається на усилительно-преобразующий блок (УПБ1), який в свою чергу передає уніфікований сигнал на корре

ктор пристрій (КУ), або регулятор. З КУ керуючий сигнал ($u(t)$) подається на підсилювально-преобразующий блок (УПБ2), з якого надходить на регулюючий орган (РО), який впливає на даний об'єкт управління (реактор).

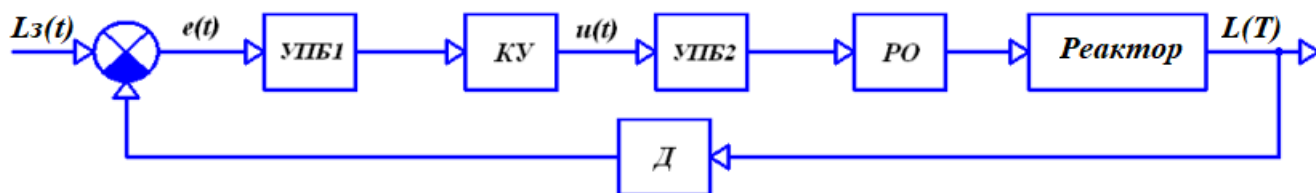


Рисунок 2.4 - Схема управління рівнем в реакторі

Дана схема може використовуватися і для управління рівнем в нітраторе, реакторі кислого промивання, реакторі лужного промивання і ємності для приготування луку.

2.5 Витрата в трубопроводі подачі сірчаної кислоти в реактор

Для управління витратою сірчаної кислоти в трубопроводі подачі її в реактор може бути використана структурна схема, яка представлена на малюнку 2.5.

Вимірювана витрата в трубопроводі подачі сірчаної кислоти в реактор ($F(t)$) впливає на датчик (Д). Сигнал з датчика разом з сигналом задуня ($F_3(t)$) надходить на елемент порівняння. Результуючий сигнал ($e(t)$) подається на підсилювально-преобразующий блок (УПБ1), який в свою чергу передає уніфікований сигнал на коригуючий пристрій (КУ), або регулятор.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

З КУ керуючий сигнал ($u(t)$) подається на підсилювально-преобразуючий блок (УПБ2), з якого надходить на регулюючий орган (РО), який впливає на даний об'єкт управління (трубо-провід).

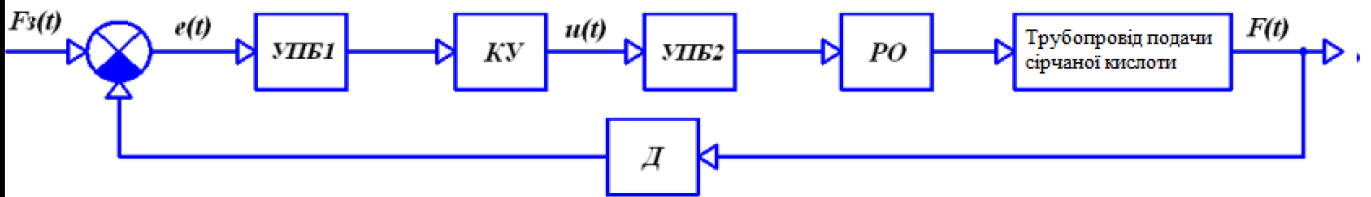


Рисунок 2.5 - Схема управління витратою сірчаної кислоти в трубопроводі подачі її в реактор

Дана схема може використовуватися і для управління витратою азотною кислоти в трубопроводі подачі її в реактор.

2.6 Концентрація в трубопроводі подачі кислого нітробензола в реактор кислого промивання

Витрата нітраційної кислої суміші в трубопроводі подачі її в нітратор регулюється концентрацією в трубопроводі подачі кислого нітробензола в реактор кислого промивання.

Для управління концентрацією в трубопроводі подачі кислого нітробензола в реактор кислого промивання може бути використана структурна схема, яка представлена на малюнку 2.6.

Вимірюється концентрація в трубопроводі подачі кислого нітробензола в реактор кислого промивання ($Q(t)$) впливає на датчик (Д). Сигнал з датчика разом з сигналом завдання ($Q_3(t)$) надходить на елемент порівняння. Результуючий сигнал ($e(t)$) подається на усилительнопреобразуючий блок (УПБ1), який в свою чергу передає уніфікований сигнал на коригуючий пристрій (КУ), або регулятор. З КУ керуючий сигнал ($u(t)$) подається на усилительнопреобразуючий блок (УПБ2), з якого надходить на

регулюючий орган (РО), який впливає на даний об'єкт управління (трубо-провід).

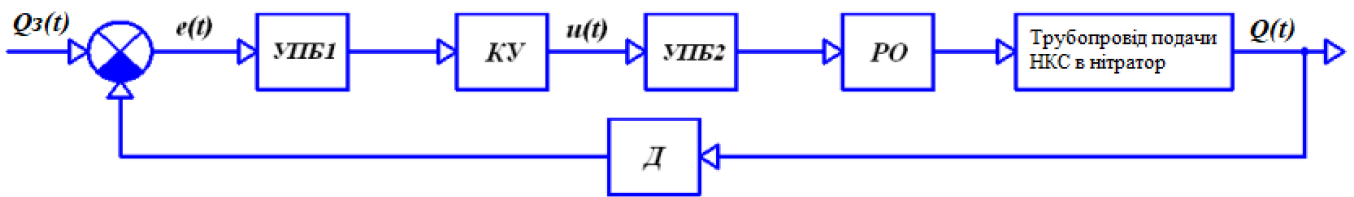


Рисунок 2.6 - регулююча орган (РО), Який впливає на Данії об'єкт управління (трубо-провід).

Дана схема може використовуватися і для управління концентрацією в трубопроводах подачі сирого нітробензолу в реактор лужного промивання, нітробензолу на стадію приготування аніліну і циркуляції розчину їдкого натру.

На підставі локальних контурів побудована функціональна схема автоматизації процесу

3. ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ І АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ

Сучасна АСУ ТП являє собою багаторівневу людино-машинну систему управління.

Прийнявши до уваги особливості ТП виробництва нітробензолу, топологію об'єкта, і розподіл функціональних елементів технологічного процесу по підприємству, вибираємо 2-х рівневу систему управління.

Нижній рівень - рівень об'єкта (контролерну) - включає різні датчики для збору інформації про хід технологічного процесу, електроприводи і виконавчі механізми для реалізації регулюючих і керуючих впливів. Датчики поставляють інформацію локальним програмованим логічним контролерам, які можуть виконувати такі функції:

- збір і обробка інформації про параметри технологічного процесу;
- управління електроприводами і іншими виконавчими механізмами;
- рішення задач автоматичного логічного управління і ін.

Верхній рівень - диспетчерський пункт (ДП) - включає, перш за все, одну чи кілька станцій управління, що представляють собою автоматизоване робоче місце (АРМ) диспетчера / оператора. Тут же може бути розміщений сервер бази даних, робочі місця (комп'ютери) для фахівців і т. Д.

Принципово важливими критеріями вибору засобів автоматизації (зокрема нижнього рівня) виступають їх точність, надійність і захищеність. Точність вимірювань має найвищий пріоритет. Для уникнення конфліктів в протоколі RS-485 на одному об'єкті слід старатися використовувати засоби автоматизації, що випускаються одним виробником.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

3.1 Нижній рівень автоматизованої системи управління технологічним процесом

3.1.1 Вибір датчиків

3.1.1.1 Датчики температури

В даному ТП проводиться регулювання температури в реакторі, нітраторе, реакторі кислого промивання і реакторі лужного промивання, а також контроль температури в трубопроводах подачі ніктраціонної кислотної суміші в нітратор і води в реактор кислого. Так як діапазон вимірюваних температур невеликий, можливе застосування термопар. Також слід зазначити, що діапазон вимірюваних температур у всіх точках практично однаковий, отже, застосуємо один тип датчика для цих точок. Возможно использование следующих термопар:

а) ОВЕН ДТПЦ сталь 12Х18Н10Т

Основні технічні характеристики даної термопари наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики термопари ОВЕН ДТПЦ сталь 12Х18Н10Т

Найменування параметру	Значення
Робочий діапазон вимірюваних температур	-40...+600 °С
Номінальна статична характеристика (НСХ)	L(XK)
Клас допуску датчика	2
Умовний тиск	10 МПа
Виконання робочого спаю термопари, щодо корпусу датчика	неізолюваний

Продовження таблиці 3.1.

Найменування параметру	Значення
Робочий діапазон вимірюваних температур	-40...+600 °С
Номінальна статична характеристика (НСХ)	L(XK)
Клас допуску датчика	2
умовний тиск	10 МПа
Виконання робочого спаю термопари, щодо корпусу датчика	неізолюваний
Діаметр термоелектродного дроту	0,7
Показник теплової інерції, не більше	60 с
Опір ізоляції, не менше	100 МОм
Ступінь захисту по ГОСТ 14254	IP54
Матеріал захисної арматури	сталь 12X18H10T
	* До 1200 ° С при роботі в короткочасному режимі
Вартість, грн	690

Зовнішній вигляд термопари ОВЕН ДТПЛ сталь 12X18H10T представлений на рисунку 3.1.

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ				

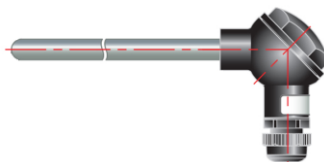


Рисунок 3.1 - Термопара ОВЕН ДТПЛ сталь 12Х18Н10Т

б) SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01

Основні технічні характеристики даної термопари наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики термопари SIEMENS SI-TRANS T 7MC 2000-1DC01

Найменування параметру	Значення
Рабочий диапазон измеряемых температур	0...+1000 °С
Сенсор	Ni Cr/Ni тип К
- кількість	1
- діаметр вигину	1 мм
- ізоляція вигину	ізоляційна трубка
Номинальна довжина, мм	500
Захисна трубка	металева
Сполучна головка	форма А, DIN 43729; з легкого металу (лиття), з одним вводом кабелю і різьбовий кришкою
Вес	1,1 кг
Матеріал матеріал	X 10 CrAl 24, Nr. 1.4762
Вартість, грн	1109,04

Зовнішній вигляд термопари SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01 представлений на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 - Термопара SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01

Порівнявши технічні характеристики ОВЕН ДТПЛ сталь 12Х18Н10Т і SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01, можна зробити висновок, що обидві термопари однаково підходять, але друга має ізольований робочий спай і забезпечена захисною металевією трубкою, що підвищує її надійність в даних умовах експлуатації. Тому свій вибір зупиняємо на SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01.

Для перетворення сигналу термопари в уніфікований сигнал необхідно застосовувати нормуючий перетворювач.

Для термопари SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01 можливе використання такого вимірювального перетворювача, як SIEMENS SITRANS TH200 7NG3211-OAN00, основні технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.3.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики вимірювального перетворювача
SIEMENS SITRANS TH200 7NG3211-OAN00

Найменування параметру	Значення
Вхід	
Тип датчика (термопары)	К (Ni Cr/Ni)
Стандартне підключення	1 термопара (ТС)
Одиниці виміру	°C или °F
Час відгуку	≤ 250 мс для одного датчика з контролем обриву лінії
Характеристика	лінійна по температурі або особлива характеристика
Цифрова похибка	1 °C
Вихід	
Вихідний сигнал	4 ... 20 мА, 2-х провідний
Живлення	11 ... 35 V DC
Вартість, грн	193,6

Зовнішній вигляд вимірювального перетворювача SIEMENS SITRANS TH200 7NG3211-OAN00 представлений на малюнку 3.3.



Рисунок 3.3 - вимірювальний перетворювач SIEMENS SITRANS TH200
7NG3211-OAN00

3.1.1.2 Датчик тиску

Контроль тиску в даному ТП проводиться в трубопроводах подачі води в сорочки реактора, нітратора, реактора кислого промивання і реактора лужного промивання. Так як діапазон діапазон вимірюваних тисків у всіх точках практично однаковий, отже, застосуємо один тип датчика для цих точок.

Для вимірювання вищевказаних тисків можливе використання наступних датчиків:

а) Датчик тиску інтелектуальний Метран-150 CD

Інтелектуальні датчики тиску серії Метран - 150 CD призначені для безперервного перетворення в уніфікований токовий вихідний сигнал вхідних вимірюваних величин тиску в агресивних середовищах.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.2.

б) Датчик тиску надлишкового ОВЕН ПД100-ДИ

Призначені для безперервного перетворення надлишкового тиску рідких і газоподібних агресивних середовищ в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Датчики надлишкового тиску призначені для систем автоматичного регулювання та керування в різних областях промисловості.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.2.

в) Датчик тиску надлишкового АИР10-L-ДИ

Використовуються в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами і призначені для перетворення надлишкового рідких і газових агресивних середовищ в уніфікований вихідний сигнал 4 ... 20мА, 0 ... 5 мА або 20 ... 4мА, 5 ... 0мА.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.4.

Таблица 3.4 – Зведена таблиця параметрів датчиків тиску

Назва датчика	функціональні особливості	Діапазон вимірювань кгс / см ²	Основна похибка	Вих. сигнал	вартість, грн
Метран-150	Датчик тиску інтелектуальний	от 0 до 15	±0,25%	0-20мА	2400
ОВЕН ПД100-ДИ	Датчик перепаду тиску	от 5 до 20	±0,2%	0-5мА	1020
АИР10-L-ДИ	Датчик тиску надлишкового	от 0 до 15	±0,1%	0-5мА	2000

Порівнявши технічні характеристики датчиків тиску, а так само їх вартість можна зробити висновок, що датчик тиску АИР10-L-ДИ (рис. 3.4) має

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

більш високу точність вимірювань, що більш необхідно в даному технологічному процесі.



Рисунок 3.4 – Датчик надлишкового тиску AIR10-L-ДИ

3.1.1.3 Датчики рівня

В даному ТП проводиться регулювання рівня в реакторі, нітраторе, реакторі кислого промивання, реакторі лужного промивання і ємності для приготування лугу. Діапазон вимірюваних рівнів у всіх точках практично однаковий, отже, застосуємо один тип датчика для цих точок.

Можливе використання наступних рівнемірів:

а) Поплавковий датчик рівня ОВЕН ПДУ-И.3000

Основні технічні характеристики даного датчика рівня наведені в таблиці 3.5.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики рівнеміра ОВЕН ПДУ-И.3000

Найменування параметру	значення
Електричні параметри	
Схема підключення	двухпроводная
Рід струму живлення	постійний
Напруга живлення, В	10...36
Вихідний сигнал, мА	4...20
Споживана потужність, Вт, не більше	1
Опір навантаження, Ом, не більше	визначається за формулою: $(U - 8) \cdot 50$, де U - напруга живлення, В

метрологічні характеристики	
Найменування параметру	значення
Діапазон измерений рівня, мм	0...3000
Дискретність вимірювання рівня (роздільна здатність), мм	10
Похибка вимірювання рівня, мм	$\pm (10 + 0,01 \cdot L)$, де L - діапазон вимірювань рівня
Додаткова похибка вимірювання від температури, % На 10 ° С, не більше	0,2
конструктивні параметри	
Розташування осі кріпильного отвори датчика в резервуарі	вертикально
Типорозмір приєднувальних різьби	G2
Розмір «під ключ», мм	36
Матеріал робочої частини датчика	Сталь 12X18H10T
Ступінь захисту по ГОСТ 14254	IP65
Вартість, грн	11062,27

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ					

Зовнішній вигляд рівнеміра ОВЕН ПДУ-І.3000 представлений нарисунке 3.5.



Рисунок 3.5 - Рівнемір ОВЕН ПДУ-І.3000

б) Ультразвуковий рівнемір SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00

Основні технічні характеристики даного датчика рівня наведені в таблиці 3.6.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики Уровнемер SIEMENS Milltronics
The Prode 7ML1201-1AF00

Найменування параметру	Значення
Діапазон вимірювання, м	0,25...5
Напруга живлення, В	12...28
Вихідний сигнал, мА	4...20
Споживана потужність, Вт, не більше	0,75
Опір навантаження, Ом	600
Дискретність вимірювання рівня (роздільна здатність), мм	3
Похибка вимірювання рівня, мм	$\pm 0,025 \cdot L$, де L - діапазон вимірювань рівня
вага, кг	1,5
Матеріал робочої частини датчика	ETFE
Ступінь захисту	IP65
Вартість, грн	885

Зовнішній вигляд рівнеміра SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00 представлений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Рівнемір SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00

Порівнювати технічні характеристики ОВЕН ПДУ-І.3000 і SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00, можна зробити висновок, що обидва Уровнемер однаково підходять, але другий має меншу похибкою вимірювань, великим діапазоном вимірювань і споживає менше енергії, до того ж він значно дешевше першого . Тому свій вибір зупиняємо на SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00.

3.1.1.4 Датчики витрати

У цьому технологічному процесі виробляється регулювання витрати сірчаної та азотної кислот в трубопроводах подачі їх в реактор. Діапазон вимірюваних витрат у всіх точках практично однаковий, отже, застосуємо один тип датчика для ЦИХ точок. Для вимірювання витрати можливе використання наступних датчиків:

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

а) Регулятор потоку ОВЕН РМ1

Основні технічні характеристики даного датчика витрати наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики витратоміра ОВЕН РМ1

Найменування параметру	Значення
Діапазон вимірювання об'ємної витрати, м ³ /час	0...300
Вихідний сигнал	4...20 мА
Номинальна напруга живлення	220 В частотою 50 Гц
Допустиме відхилення номінального напруги живлення	-15...+10 %
Споживана потужність	не більше 6 ВА
Похибка вимірювань	±2 %
Час вимірювання	не більше 1,5 с
Тип і габаритні розміри корпусу витратоміра	Щ; 96x96x180 мм
Ступінь захисту корпусу	IP 20
Вартість, грн	6625

Зовнішній вигляд витратоміра ОВЕН РМ1 представлений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Регулятор потоку ОВЕН РМ1

б) Вихровий витратомір SIEMENS SITRANS FX300

Основні технічні характеристики даного датчика витрати наведені в таблиці 3.8

Таблиця 3.8 - Технічні характеристики витратоміра SIEMENS SITRANS FX300

Найменування параметру	Значення
Діапазон вимірювання об'ємної витрати, м ³ / год	0...500
Вихідний сигнал	4...20 мА
Номинальна напруга живлення	14...36 V DC
Навантаження	Мин. 100 Ом
Похибка вимірювань	±0,75 %
Час вимірювання	не більше 0,65 с
Ступінь захисту корпусу	IP 26
Вартість, грн	2983,2

Зовнішній вигляд витратоміра SIEMENS SITRANS FX300 представлений на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 - Регулятор потоку SIEMENS SITRANS FX300

Порівнявши технічні характеристики ОВЕН РМ1 і SIEMENS SITRANS FX300, можна зробити висновок, що обидва витратоміра однаково підходять, але другий має меншу похибкою вимірювань, великим діапазоном вимірювань і більшим ступенем захисту, до того ж він значно дешевше першого. Тому свій вибір зупиняємо на SIEMENS SITRANS FX300.

3.1.1.5 Концентратомір

В даному ТП проводиться регулювання концентрації в трубопроводах подачі кислого нітробензола в реактор кислого промивання, сирого нітробензолу в реактор лужного промивання, нітробензолу на стадію приготування аніліну і в трубопроводі циркуляції розчину їдкого натру. Для вимірювання концентрації можливе використання наступних концентратомірів:

Для вимірювання зазначених концентрацій можливе використання наступних датчиків:

а) Автоматичний цифровий Концентратомер КР-1

Конструктивно прилад складається з блоку управління, блоку датчиків, з'єднувального кабелю. Результати вимірювання концентрації висвічуються на цифрових табло блоку управління. Прилад виробляє перерахунок значень концентрації в одиницях МДСВ (масова частка сухої речовини) або в одиницях щільності розчину. Дані вимірювань можуть бути передані на самописці (сигнал 4-20 мА). Базові моделі приладу відградуєвані на водні розчини хлориду натрію NaCl, їдкого натру NaOH (каустична сода), сірчаної кислоти H₂SO₄, тринатрійфосфату Na₃ PO₄. Прилад також можна отградуировать на інші хімічні речовини, що застосовуються в технологічних процесах підприємств.

Застосування приладу на підприємствах забезпечує наступні переваги:

- вимірювання концентрації речовини без попереднього відбору проб, транспортування і обробки проб розчину, що особливо важливо, коли йдеться про агресивних середовищах, середовищах, нагрітих до високих температур або які містять летючі речовини;
- повна автоматизація процесу вимірювання;
- експресність аналізу, оскільки час вимірювання не перевищує кілька секунд;
- об'єктивність аналізу, оскільки усувається залежність результатів від кваліфікації оператора.

Б) Датчик концентрації SmartLX (виробник Metso)

До основних особливостей даного датчика відносяться:

- Два аналогових виходи 4-20 мА і інтерфейс RS485.
- ЖК-дисплей, 3 рядки по 12 символів.

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

- Повна настройка пристрою через ПЗ під ОС Windows [™].
- Вимірювання провідності,% концентрації розчину, солоності і температури.
- IP66 корпус з нержавіючої сталі.
- Безелектродний знімний датчик провідності.
- Опір тепловим сплесків до 135 ° С при парової стерилізації.
- Швидке реагування температури $t_{90} < 10$ сек.
- Може бути налаштований і відкалібрований ще до продажу.
- Один датчик - багато застосувань.
- Недорогий кабель підключення.
- Працює на низькій напрузі Простий в установці.
- Вибір технологічних з'єднань датчика.

Проста і надійна конструкція датчика концентрації SmartLX дозволяє надійно виміряти концентрацію в процесі виробництва термо-механічної маси без поточного технічного обслуговування. SmartLX працює в електромагнітному діапазоні, близькому до інфрачервоного, використовуючи здатність волокон розсіювати і поглинати світло. Цей принцип вимірювання був розроблений спеціально для процесу термо-механічної маси, де сили, викликані потоком волокна, занадто малі, щоб бути виявленими датчиками, заснованими на зусиллі зсуву.

На SmartLX не впливають зміни швидкості потоку і, таким чином, він може бути встановлений як в ламінарному, так і в турбулентному потоці. Його компенсаційна здатність забезпечує, щоб зміни температури целюлози або його електронних компонентів не переривали і не спотворювали вимірювань концентрації.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Порівнявши технічні характеристики датчиків концентрації, вибираємо більш надійний і зручний в експлуатації датчик, тобто SmartLX.

Зовнішній вигляд датчика концентрації представлений на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – датчик концентрації SmartLX

3.1.2 Виконавчі механізми

Для управління температурою, рівнем, витратою і концентрацією в реакторі, нітраторе, реакторі кислого промивання, реакторі лужного промивання і ємності для приготування лугу необхідно вибрати виконавчі механізми.

В якості виконавчого механізму можуть бути використані:

а) Механізм виконавчий пневматичний МП-320 з пневматичним аналоговим вхідним сигналом

Призначений для переміщення регулюючих та запірно-регулюючих органів для точного регулювання нейтральних і агресивних рідин і газів в системах автоматичного і дистанційного керування.

Основні характеристики виконавчого механізму наведені в таблиці 3.9.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Таблиця 3.9 - Основні характеристики МИП-320

Тип	МИП-320
Робоче середовище	Стиснене повітря
Умовний хід (типорозмір), мм	100, 200, 320, 400
Тиск живлення	от 0,4...1 МПа
Вхідний сигнал	0,02...0,1 МПа

б) Регулює поршневий пневмоклапан Burkert 2300 (рис. 3.10)

2/2-ходовий регулюючий поршневий пневмоклапан Burkert 2300 призначений для точного регулювання нейтральних і агресивних рідин і сипучих матеріалів в трубопроводах з перетином Ду 13- 50 мм. Регулює пневмоклапан Burkert 2300 поставляється з фланцевим, різьбовим або звареним з'єднаннями. Завдяки параболічного конусу клапан має прекрасні регулюють характеристики. Відмінною особливістю регулюючого пневмоклапана Burkert 2300 складається в конструкції пневмопривода з нержавіючої сталі. Матеріал ущільнення - сталь / сталь або PTFE / сталь. Температура робочого середовища: -10- + 1800С.



Рисунок 3.10 – Пневмоклапан Burkert 2300

Вартість пневмоклапана – 37516,31 грн.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Для трубопроводів подачі сірчаної та азотної кислот найбільш підходить модифікація IB 2301-A-50-PTFE-VA, для трубопроводів подачі бензола і їдкого натру - модифікація IB 2301-A-20-PTFE-VA, для трубопроводів подачі води - модифікація IB 2301-B-20-PTFE-VA.

Вибираємо пневмоклапан Burkert 2300, так як він більш зручний у використанні.

Для пневмоклапана Burkert 2300 застосовуємо електропневматичний позиціонер Burkert 8696.

Цифровий електропневматичний позиціонер Burkert 8696 (рис. 3.11) розроблений спеціально для регулюючих пневмоклапанов Burkert 23XX / 2103 з приводом Ø 50 мм. Позиціонер 8696 виготовлений з нержавіючої сталі і полісульфону. Позиціонер 8696 не має індикації. Напряга живлення 24В постійного струму, вхідний сигнал 4-20мА або 0-10В.



Рисунок 3.11 – електропневматичний позиціонер Burkert 8696

Вартість позиціонера - 10916,67 грн.

3.2 Верхній рівень автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП)

Верхній рівень АСУ виконує функції діалогової взаємодії з оператором, що включають в себе відображення, накопичення і аналіз даних.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Основні функції управління, реалізуються на основі підбору необхідних технічних засобів. Головним завданням вибору технічних засобів є перевірка сполучення каналів управління контролера з приводами.

На підставі викладених даних висунемо вимоги до портів контролера (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Вхідні і вихідні сигнали

Сигнали	Кількість сигналів
аналогові вхідні	21
дискретні вхідні	5
аналогові вихідні	7
дискретні вихідні	22

3.2.1 Вибір контролера

Для реалізації управління даним процесом необхідно застосувати контролер з модулями розширення.

В якості контролера можуть бути використані:

а) Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160

ПЛК 160 призначений для створення систем управління малими та середніми об'єктами.

Побудова системи управління і диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК можливо як за допомогою провідних засобів - використовуючи вбудовані інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, так і за допомогою бездротових засобів - використовують радіо, GSM, ADSL модеми.

Конструктивні особливості ОВЕН ПЛК 160

Контролер виконаний в компактному DIN-рейковому корпусі.

Розширення кількості точок введення \ виведення здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів введення \ виводу за допомогою одного з вбудованих інтерфейсів.

Обчислювальні ресурси ОВЕН ПЛК 160

У контролері закладені потужні обчислювальні ресурси при відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9, з частотою 180МГц компанії Atmel;

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

- великий обсяг оперативної пам'яті - 8МБ;
- великий обсяг постійної пам'яті - Flash пам'ять, 4МБ;
- обсяг енергонезалежної пам'яті, для зберігання змінних - до 16КБ.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – ОВЕН ПЛК 160

Електричні параметри

- Два варіанти живлення для кожного контролера:
- змінний струм: (90-265)В, (47...63)Гц;
- постійний струм: (18-29)В.
- Невелика споживана потужність до 10Вт.
- Дискретні входи - 16
- Дискретні виходи - 12
- Аналогові входи – 8

- Аналоговые выходы - 4
- Всі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.
- Тип сигналу може бути як n-p-n, так и р-n-p.
- Дискретні виходи типу: Р - реле.

«Швидкі» аналогові входи, для підключення уніфікованих датчиків струму, напруги. Дискретні виходи контролерів даної лінійки можуть бути налаштовані на видачу ШІМ, або генератора з високою точністю.

Основні характеристики програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК 160 представлені в таблиці 3.11.

Вартість ПЛК – 11105,36 грн.

б) Програмований логічний контролер SIEMENS SIMATIC S7-1200

Програмований контролер SIMATIC S7-1200 виробництва SIEMENS – це базовий контролер для вирішення найрізноманітніших завдань автоматизації малого і середнього рівня. Цей контролер має модульну конструкцію і

універсальне призначення. Він здатний працювати в реальному масштабі часу, може використовуватися для побудови відносно простих вузлів локальної автоматизації або вузлів комплексних систем автоматичного управління, що підтримують інтенсивний комунікаційний обмін даними через мережі Industrial Ethernet / PROFINET, а також PtP (Point-to-Point) з'єднання.

Програмований контролер S7-1200 має компактні пластикові корпусу із ступенем захисту IP20, може монтуватися на стандартну 35 мм профільну шину DIN або на монтажну плату і працює в діапазоні температур від 0 до +50 ° С. Він здатні обслуговувати 24 дискретних і 12 аналогових каналу введення-виведення.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Центральний процесор

Центральний процесор має високу продуктивність і забезпечує підтримку широкого набору функцій:

- Програмування на мовах LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) і SCL (Structured Control Language), вичерпний набір команд.
- Висока швидкодія, час виконання логічної операції не перевищує 0.1 мкс.
- Вбудована завантажувана пам'ять об'ємом до 4 Мбайт, що розширюється картою пам'яті ємністю до 4 Гбайт.
- Робоча пам'ять ємністю до 150 Кбайт.
- Незалежна пам'ять ємністю 10 Кбайт для роботи без обслуговування збереження даних при перебоях в харчуванні контролера.
- Вбудовані дискретні входи універсального призначення, що дозволяють вводити потенційні або імпульсні сигнали.
- Вбудовані апаратні годинник реального часу з запасом ходу при перебоях в харчуванні 20 днів.
- Вбудовані швидкісні лічильники з частотою проходження вхідних сигналів до 1 МГц.
- Вбудовані імпульсні виходи з частотою проходження імпульсів до 1 МГц (тільки в CPU з транзисторними виходами)..
- Підтримка функцій ПІД регулювання.
- Підтримка функцій управління переміщенням відповідно до вимог стандарту PLCopen.
- Підтримка функцій оновлення операційної системи.
- Вбудований WEB - сервер, що дозволяє виконувати дистанційну діагностику програмованих контролерів з використанням стандартного Web браузера.
- Парольний захист програми користувача.
- Комунікаційні модулі CM 12xx і CP 12xx для підключення контролера до мережі Industrial Ethernet, PROFIBUS DP, обміну даними через послідовні канали зв'язку, мобільну мережу GSM, канали зв'язку систем телеуправління.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Основні характеристики програмованого логічного контролера SIMATIC S7-1200 представлені в таблиці 3.11.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 –ПЛК SIMATIC S7-1200

Вартість ПЛК – 12906,36 грн.

в) Програмований логічний контролер VIPA System 200V

VIPA System 200V - контролер для вирішення завдань центральної та розподіленої системи автоматизації, де він може виступати в якості як "ведених" так і "провідних" пристроїв. Він з успіхом може використовуватися в системах промисленого автоматизації з підвищеними вимогами до надійності устаткування і до часових параметрів контурів управління. CPU сумісні по набору інструкцій з популярними контролерами SIMATIC S7-300 і можуть програмуватися як за допомогою ПО WinPLC7 (VIPA), так і за допомогою STEP7 (Siemens).

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

VIPA System 200V побудований за модульним принципом. Це означає, що користувач має можливість оптимально підбирати склад модулів для вирішення свого завдання і гнучко модифікувати його при розширенні або при зміні вимог до системи. Він володіють хорошим часом реакції і підходить для управління виробництвами періодичного, безперервного і безперервно-періодичного типу.

Основні характеристики програмованого логічного контролера VIPA System 200V представлені в таблиці 3.11.

Вартість ПЛК – 9696,52 грн.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 –ПЛК VIPA System 200V

Таблиця 3.11 - Основні характеристики контролерів

Основні характеристики	ОВЕН ПЛК 160	SIMATIC S7-1200	VIPA System 200V
Кількість входів / виходів	Дискретні входи – 16 Дискретні виходи – 12 Аналогові входи – 8 Аналогові виходи - 4	Дискретні - 24 I / O Аналогові - 12 I / O	Дискретні - 12 I / O Аналогові - 8 I / O
Обсяг пам'яті	8 Мбайт	150 Кбайт	32...128 Кбайт
Час виконання операції	1 мс	0,1 мкс	з бітами — 0,25 мкс зі словами — 1,2 мкс
Таймери / Лічильники	Годинник реального часу з автономним акумуляторним харчуванням (точність ходу - не більше 3 хв на добу)	Вбудований годинник реального часу з запасом ходу при перебоях в харчуванні 20 днів; вбудовані швидкісні лічильники з частотою проходження вхідних сигналів до 1 МГц; вбудовані імпульсні виходи з частотою проходження імпульсів.	128/256

Продовження таблиці 3.11

Основні характеристики	ОБЕН ПЛК 160	SIMATIC S7-1200	VIPA System 200V
Програмування	ПО CoDeSys	LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) и SCL (Structured Control Language)	WinPLC7 от VIPA / STEP7 от Siemens
Протоколи	ОБЕН, Modbus RTU Modbus ASCII, Modbus TCP, DCON, GateWay (протокол CODESYS), Mass Storage Device	Industrial Ethernet/PROFINET, PtP (Point-to-Point) соединения	ProfibusDP slave
Інтерфейс	RS-232, RS-485, Ethernet 10/100 Mbps, USB-Device	Ethernet/PROFINET	MP2I (MPI+PPI)

Так як ПЛК SIMATIC S7-1200 має більший обсяг пам'яті, можливість роботи в реальному масштабі часу і більш широкий спектр функцій, вибираємо саме його.

Так як вбудованих аналогових входів / виходів мало, то існує необхідність використання додаткових модулів введення / виведення аналогових сигналів.

3.2.2 Модуль введення аналогового сигналу

Прилад призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів в цифровий код і передачі результатів вимірювання в мережу RS-485. Призначається для побудови автоматизованих систем збору даних в різних областях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті.

Як модуля аналогового вводу вибираємо SM 1231 виробництва SIEMENS.

Основні характеристики модуля аналогового вводу SM тисячі двісті тридцять одна наведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Основні характеристики SM 1231

Найменування	Позначення	Технічні характеристики	Вага нетто, кг	Вартість, грн
Модуль аналогового введення	SM 1231	SIMATIC S7-1200, 4 AI, +/- 10 В, +/- 5 В, +/- 2,5 В, АБО 0-20 МА 12 БІТ + ЗНАК (13 БІТ ADC)	0,172	7074

Зовнішній вигляд SM 1231 представлений на рисунку 3.15.



Рисунок 3.15 – Модуля аналогового вводу SM 1231

3.2.3 Модуль виведення аналогового сигналу

Модуль аналогового виведення призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 4 до 20 мА і в аналогові сигнали діапазоном від 0 до 10 В для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації та самописцям.

Як модуль аналогового виведення вибираємо SM 1232 виробництва SIEMENS.

Основні характеристики модуля аналогового виведення SM тисячі двісті тридцять дві наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 - Основні характеристики SM 1232

Найменування	Позначення	Технічні характеристики	Вага нетто, кг	Вартість, грн
Модуль аналогового виведення	SM 1232	SIMATIC S7-1200, 2 АО, +/- 10В 14 БІТ, АБО 0-20 МА 13 БІТ	0,169	5897,85

Зовнішній вигляд SM 1232 представлений на рисунку 3.16.



Рисунок 3.16 – Модуля аналогового виведення SM 1232

3.2.4 Панель оператора

Для візуалізації проходження ТП, відображення поточних параметрів, задання вхідних величин і індикації каналу аварії застосуємо сенсорну графічну панель оператора SIPLUS HMI Basic Panel виробництва SIEMENS, яка може використовуватися для вирішення завдань оперативного управління і моніторингу на локальному рівні у всіх областях промислового виробництва, а також в системах автоматизації будівель.

Основні характеристики панелі оператора SIPLUS HMI Basic Panel наведені в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Основні характеристики SIPLUS HMI Basic Panel

Найменування	Позначення	Технічні характеристики	Вага Нетто, кг	Вартість, грн
Панель оператора	SIPLUS HMI Basic Panel	КТР600 BASIC COLOR PN 5,7 ', ДІАПАЗОН робочих температур -25 ... +60 ГРАД. Цельсія, С конформність ПОКРИТТЯМ НА ОСНОВІ 6AV6647-0AD11-3AX0. 5,7 "TFT ДІСПЛЕЙ, 256 КВІТІВ, ІНТЕРФЕЙС ETHERNET	1,07	17199

Зовнішній вигляд SIPLUS HMI Basic Panel представлений на рисунку 3.17.



Рисунок 3.17 – Панель оператора SIPLUS HMI Basic Panel

3.2.5 Блок живлення

Для живлення модулів введення, виведення, ПЛК та панелі оператора виберемо блок живлення PM1207 виробництва SIEMENS.

Блок живлення PM1207 (Power Module) оптимальний для нової серії контролерів SIMATIC S7-1200 по дизайну і функціональності і забезпечує зовнішнє живлення входів і виходів, коли потужності, вбудованого в ЦПУ джерела живлення, мало.

Основні характеристики блоку живлення PM1207 представлені в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Основні характеристики SIPLUS PM1207

Найменування	Позначення	Технічні характеристики	Вага Нетто, кг	Вартість, грн
Блок живлення	PM1207	СТАБІЛІЗОВАНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ, ВХІД: ~ 120/230 В, ВИХІД: = 24 В / 2,5 А	0,3	1912,8

Зовнішній вигляд РМ1207 представлений на рисунку 3.18.



Рисунок 3.18 – Блок живлення РМ1207

3.3 Розробка системи сигналізації та блокування

Для здійснення технологічної сигналізації скористаємося блоком технологічної сигналізації ПТС-64.

Блок технологічної сигналізації призначений для узагальненої і поканальної сигналізації параметрів технологічних процесів, значення яких в процесі роботи перевищують ті чи інші технологічні уставки. Використовується в локальних і комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів в схемах технологічної та аварійної сигналізації.

Прилад технологічної сигналізації ПТС-64 складається з одного блока ПТС-2 (ведучий пристрій або прилад узагальненої сигналізації) і одного або декількох блоків ПТС-8 (ведене пристрій або прилад поканальної сигналізації).

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Функціональні можливості

Їх функції:

Індикація спрацьовування поканального (ПТС-8) і узагальненої сигналізації (ПТС-2);

Підключення зовнішніх світлодіодних індикаторів (через клемний з'єднувач або роз'єм ГТС-Б);

Вибір типу сигналу сигналізації - статичний сигнал (постійне світіння) або динамічний з частотою F1 або F2. Використання F1 і F2 направлено на два різних (по тону, силою звучання) звукових пристрої;

Квітування (зняття) сигналізації проводиться за допомогою кнопки, яка підключається до клем ПТС-2;

Перевірка (тестування) сигналізації проводиться за допомогою кнопки, яка підключається до клем ПТС-2.

Пристрій ПТС-2 (провідне) містить:

Два незалежних канали сигналізації переключаючими контактами частоти F1 і F2;

Задатчик частоти сигналів сигналізації F1 і F2;

Вузол квітірованія (зняття) сигналізації;

Вузол перевірки сигналізації;

Пристрій ПТС-8 (ведене) містить:

Пристрій ПТС-8 (ведене) містить:

Вісім незалежних каналів сигналізації з можливістю по канального вибору сигналу сигналізації і номера каналу спрацьовування сигналізації ПТС-2.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Підключення приладу технологічної сигналізації ПТС-64 здійснюється наступним чином. До ведучого пристрою ПТС-2 підключаються від одного до восьми ведених пристроїв ПТС-8. Схема підключення приладу представлена на рис. 3.19.

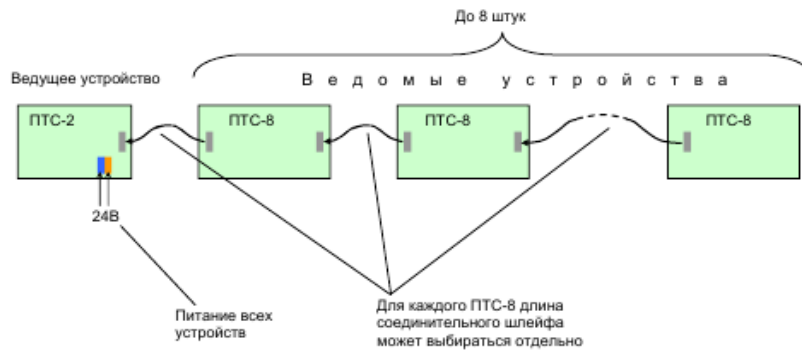


Рисунок 3.19 – Схема підключення приладу ПТС 64

Зовнішній вигляд приладу технологічної сигналізації ПТС-64 представлений на рисунку 3.20.

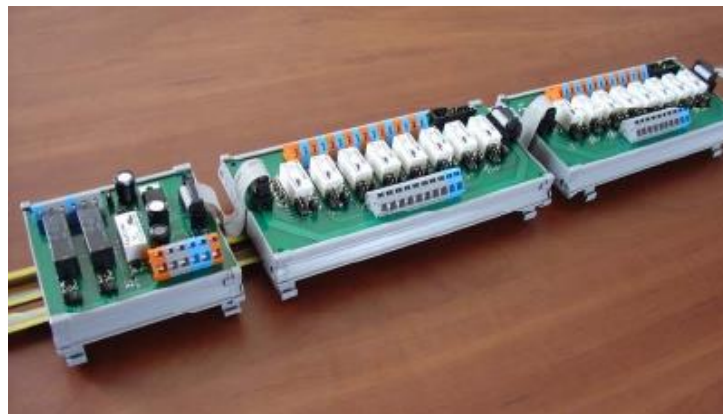


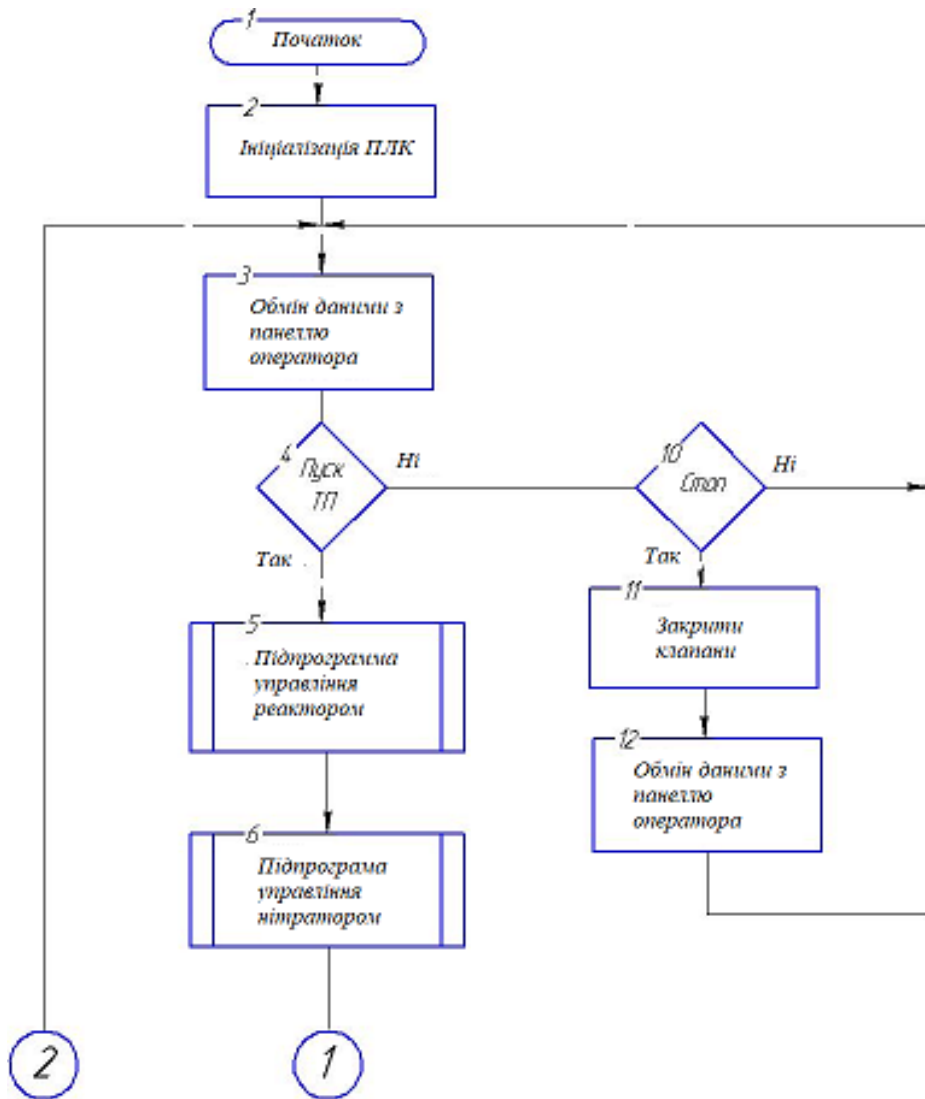
Рисунок 3.20 - Зовнішній вигляд приладу технологічної сигналізації ПТС-64

Вартість ПТС-64 – 744 грн.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

3.4 Розробка алгоритмів управління

У загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на рисунку 3.21.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

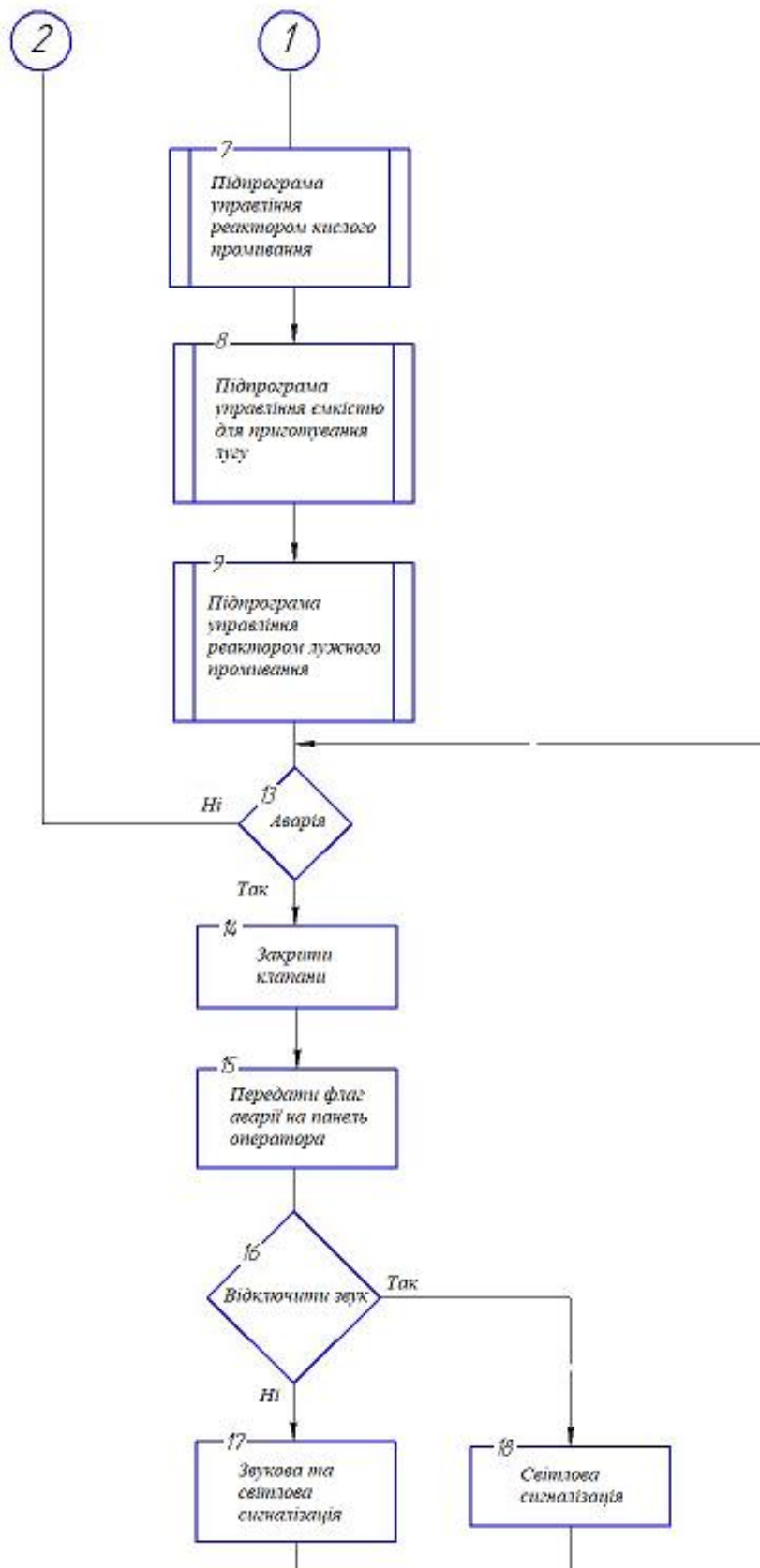


Рисунок 3.21 – Общий алгоритм работы системы

Алгоритми окремих підпрограм управління наведені на рисунках 3.22-3.26.

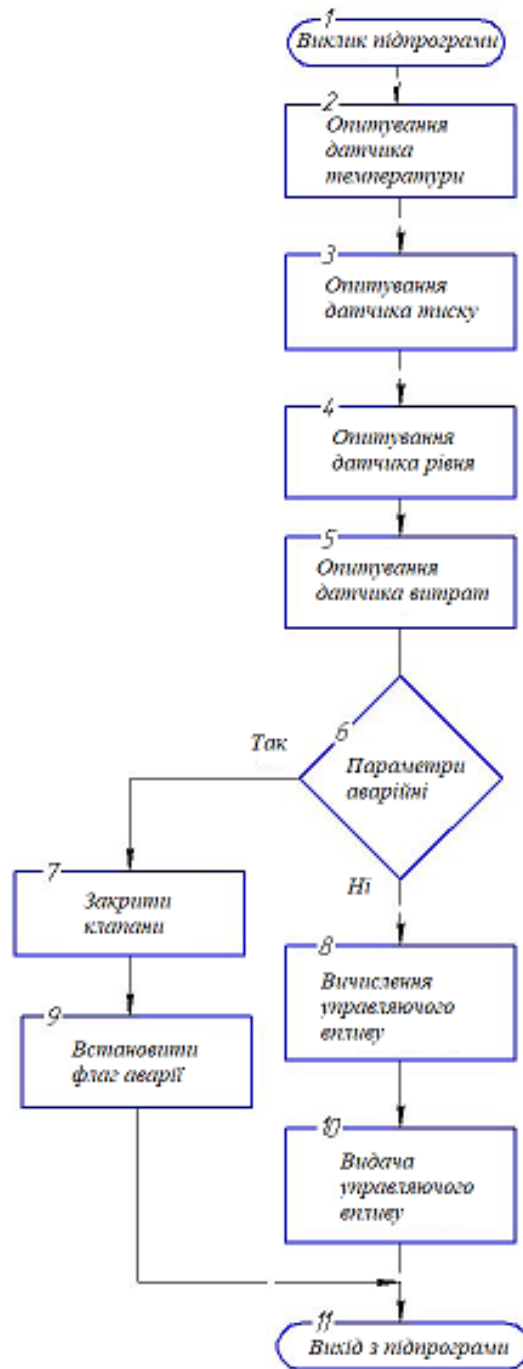


Рисунок 3.22 – Підпрограма управління реактором

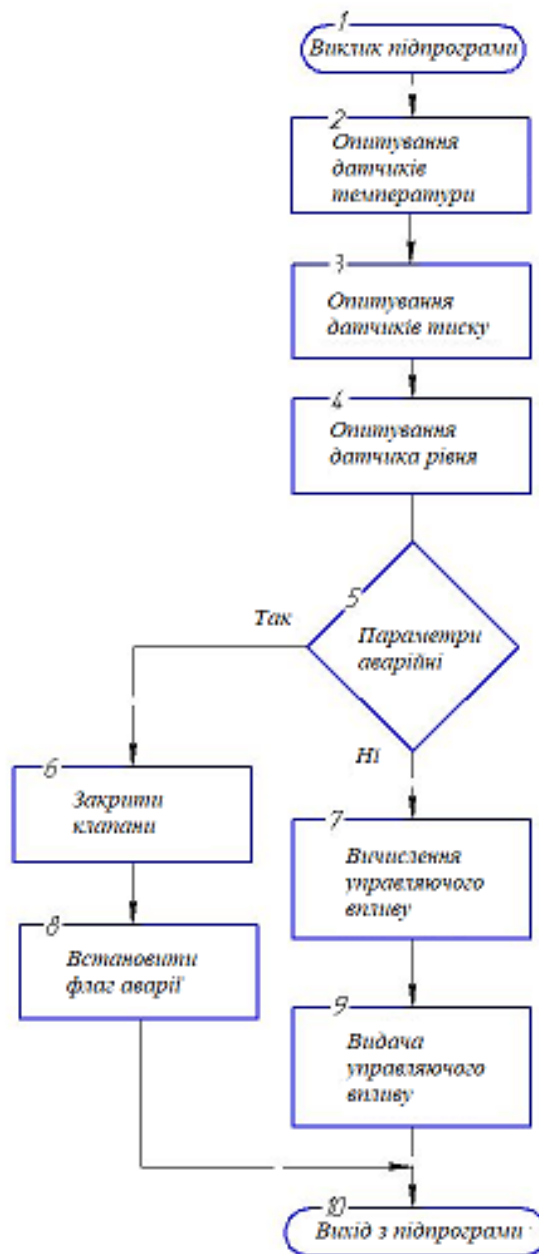


Рисунок 3.23 – Підпрограма управління нітратором

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

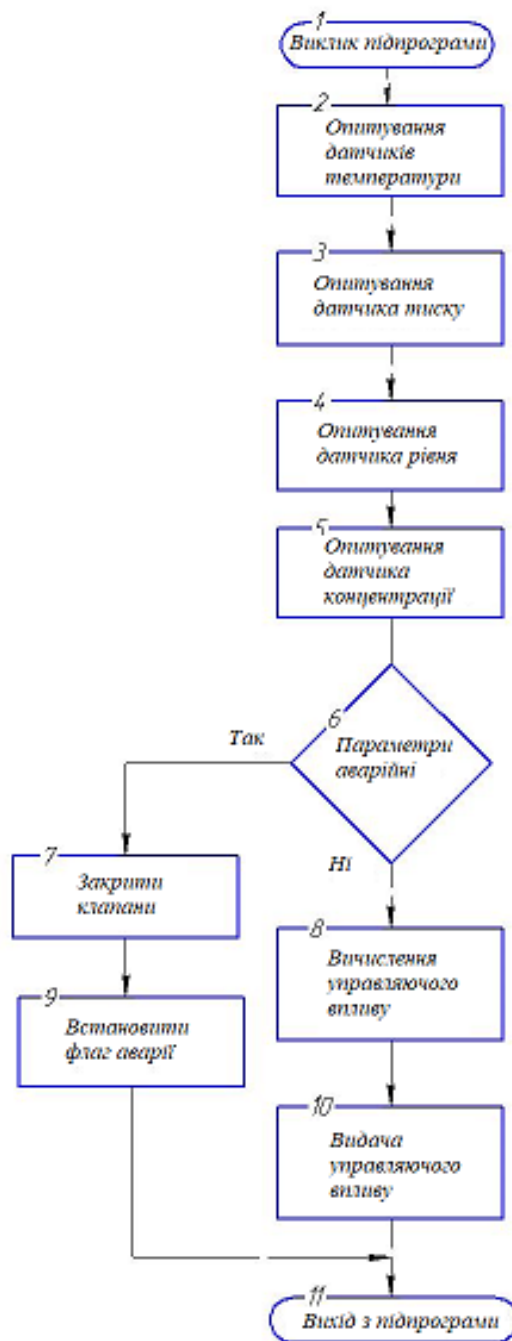


Рисунок 3.24 – Підпрограма управління реактором кислого промивання

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

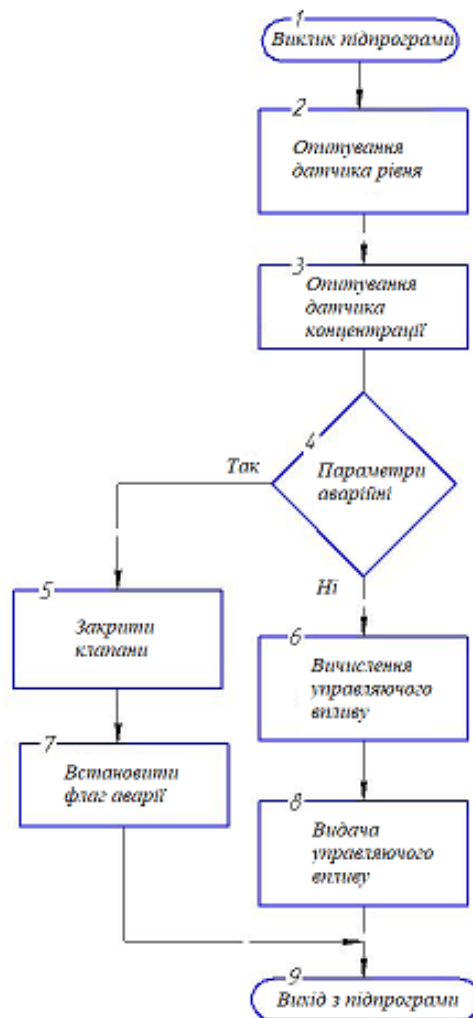


Рисунок 3.25 – Підпрограма управління ємністю для приготування лугу

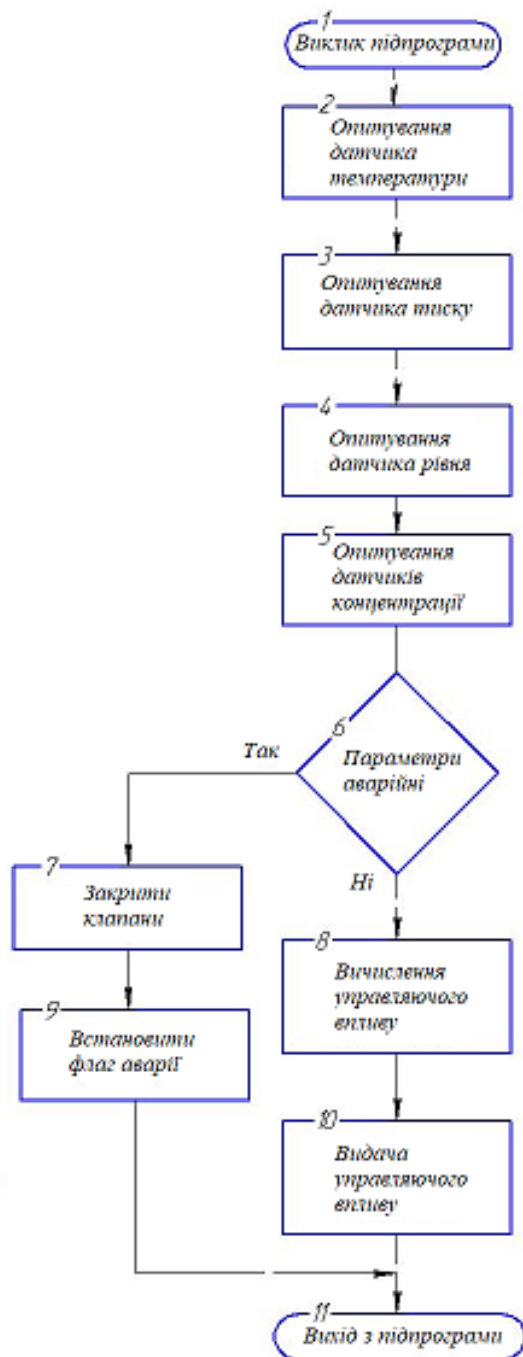


Рисунок 3.26 – Підпрограма управління реактором лужного промивання

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Опис об'єкта моделювання

Технологічний процес виготовлення нітробензола дуже складний і включає в себе багато різних операцій. Однією з основних є операція приготування нітраціонної кислоти суміші (НКР), яка здійснюється в реакторі з мішалкою і сорочкою для водяного охолодження. Від протікання цієї операції безпосередньо залежить якість кінцевого продукту (нітробензолу) і безпеку процесу.

Об'єкт моделювання являє (рис. 4.1) є контур регулювання витрати Q в трубопроводі подачі сірчаної кислоти в реактор. Трубопровід подачі оснащений регулюючим клапаном, який в даному випадку виступає безпосереднім об'єктом управління. Параметр управління - витрата сірчаної кислоти в трубопроводі подачі її в реактор, який повинен дорівнювати 5,18 м³ / год.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

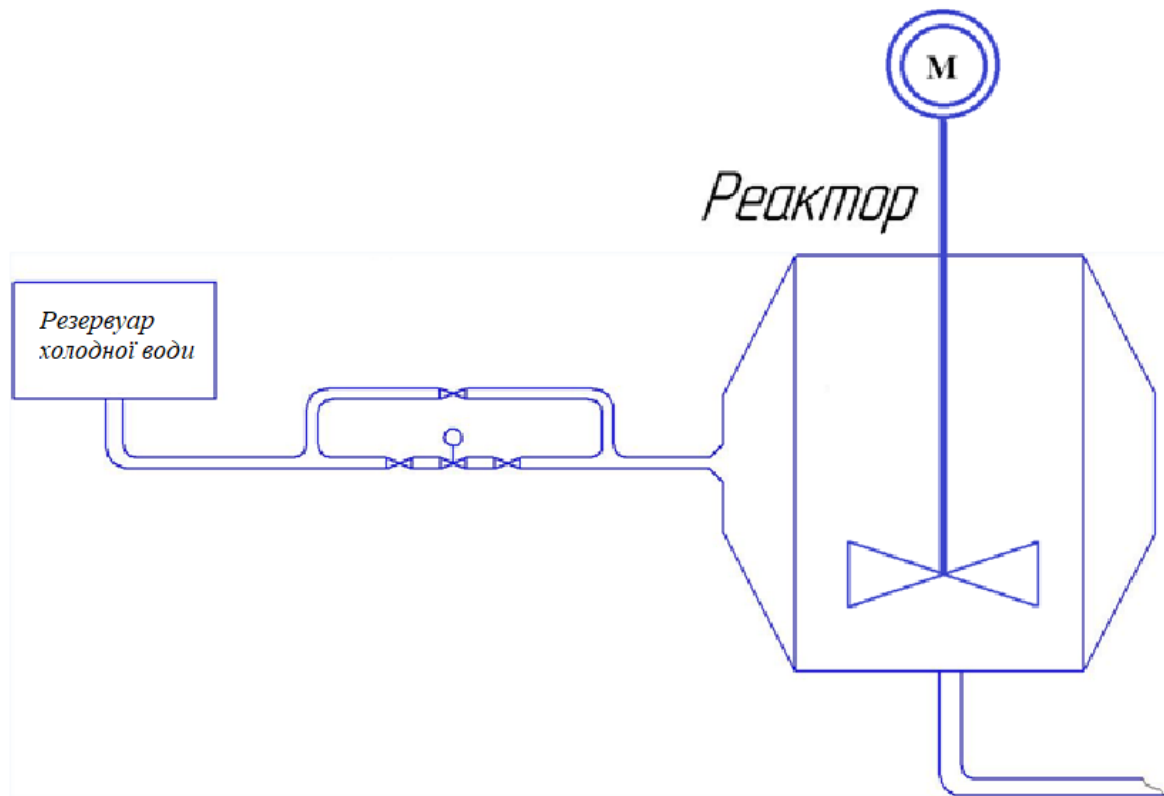


Рисунок 4.1 - Функціональна схема об'єкта моделювання

Вимоги до якості регулювання об'єкта управління:

- час перехідного процесу $\leq 0,3$ с;
- перерегулювання $\leq 30\%$;
- статична точність 2%.

4.2 Отримання математичного опису об'єкта управління на основі експериментальних даних

Визначимо передаточну функцію об'єкта управління на основі апроксимації кривої розгону (рис. 4.2), отриманої експериментальним шляхом на даному об'єкті управління, шляхом подачі на вхід системи одиничного вхідного ступеневого впливу.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

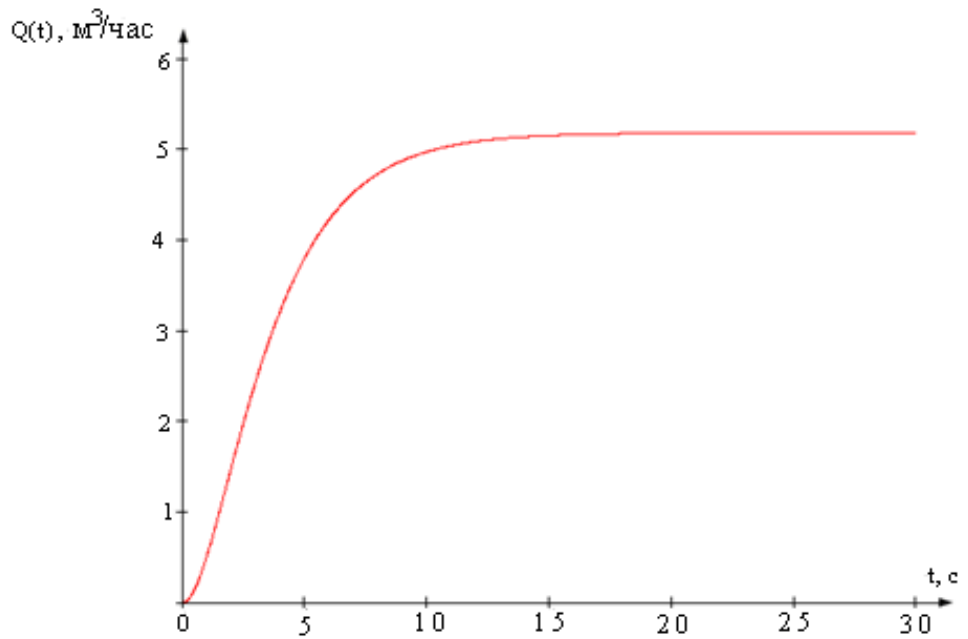


Рисунок 4.2 - Крива розгону об'єкта управління

Виконуємо нормування даної кривої розгону. Для цього кожне значення вихідної величини і ділимо на 5,18 (рис. 4.3).

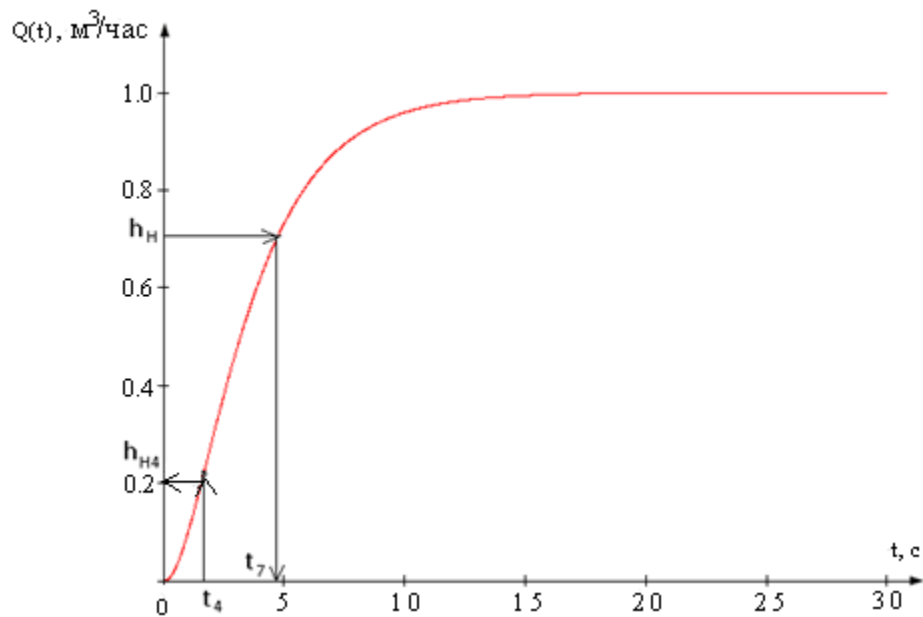


Рисунок 4.3 - Нормована крива розгону об'єкта управління

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для визначення передаточної функції скористаємося методом Орманса [8].

Цей метод дозволяє по нормованій кривій розгону визначити дві домінуючі постійні об'єкта управління для моделі виду

$$W(p) = \frac{Ke^{-\tau p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}, \quad (4-1)$$

де τ - транспортне запізнювання (визначається по кривій розгону).

Другий порядок передаточної функції (4-1) пояснюється видом кривої розгону об'єкта управління (рис. 4.3).

Отримання передаточної функції об'єкта управління виконується в такій послідовності:

- 1) з нормованою кривої розгону визначаємо час, що відповідає значенню $h_H = 0,7$ і позначаємо його t_7 . З графіка (рис. 4.2) цей час становить 4,6 секунди;
- 2) отриманий інтервал ділимо на три частини. Піднімаємо перпендикуляр кривої розгону і визначаємо величину h_{H4} . На нашу графіку (рис. 4.2) $h_{H4} = 0,2$;
- 3) постійні часу об'єкта управління T_1 і T_2 визначаються за допомогою допоміжної величини Z^2 , для знаходження якої використовується номограма Орманса (рис. 4.4).

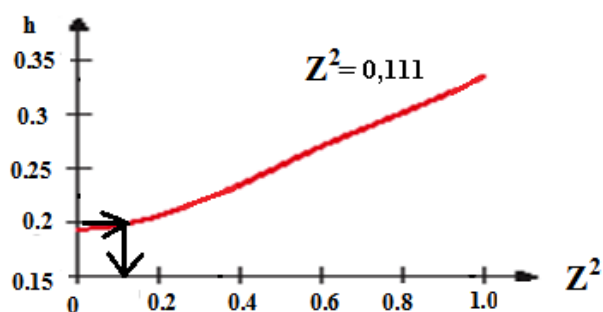


Рисунок 4.4 - Номограма Орманса

- 5) постійні часу об'єкта управління T_1 і T_2 визначаються за такими формулами:

$$T_1 = \frac{t_7}{2.4}(1+z) \quad (4-2a)$$

$$T_2 = \frac{t_7}{2.4}(1-z) \quad (4-2б)$$

$$z = \sqrt{Z^2} = \sqrt{0,111} = 0,333 ;$$

$$T_1 = 4,6(1 + 0,333) / 2,4 = 2,555 \text{ с};$$

$$T_2 = 4,6(1 - 0,333) / 2,4 = 1,278 \text{ с}.$$

Коефіцієнт посилення K визначаємо за формулою

$$K = \frac{Y_{уст}}{X}, \quad (4-3)$$

де $Y_{уст}$ - сталі значення вихідного параметра;

X - значення вхідної величини (керуючого сигналу).

У нашому випадку $Y_{уст} = 5,18 \text{ м}^3 / \text{ч}$ (см. Рис. 1.1), $X = 1 \text{ м}^3 / \text{ч}$ (одичний ступінчатий вхідний вплив).

$$K = \frac{5,18 \text{ м}^3 / \text{ч}}{1 \text{ м}^3 / \text{ч}} = 5,18.$$

Чисте транспортне запізнювання $\tau = 0 \text{ с}$ (присутній тільки динамічне τ_d).

Таким чином, передаточна функція може бути представлена у вигляді

$$W(s) = \frac{5,18}{(1,278 \cdot s + 1) \cdot (2,555 \cdot s + 1)} = \frac{5,18}{3,265 \cdot s^2 + 3,833 \cdot s + 1} \quad (4-4)$$

						Лист
					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.3 Перевірка адекватності моделі критерієм Фішера

Змоделюємо об'єкт управління з його передаточної функції (4-4) в MatLab (Simulink). Схема моделі зображена на малюнку 4.5.

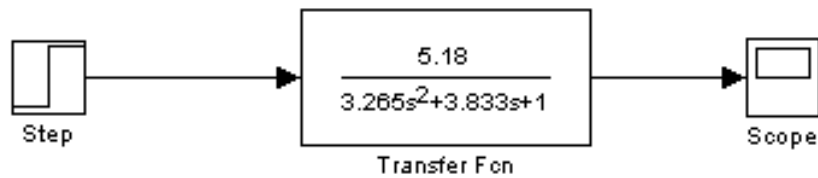


Рисунок 4.5 - Схема моделі досліджуваного об'єкта

Запускаємо процес моделювання і отримуємо криву розгону (рис. 4.6).

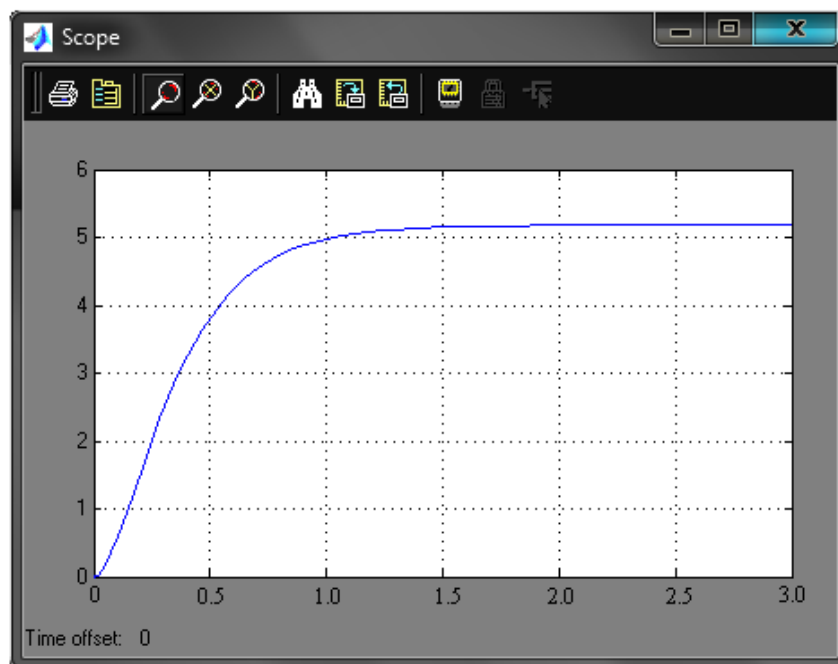


Рисунок 4.6 - Крива розгону об'єкта управління, отримана в MatLab (Simulink)

Аналогічно п.2 виконуємо нормування даної кривої розгону (рис. 4.7).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

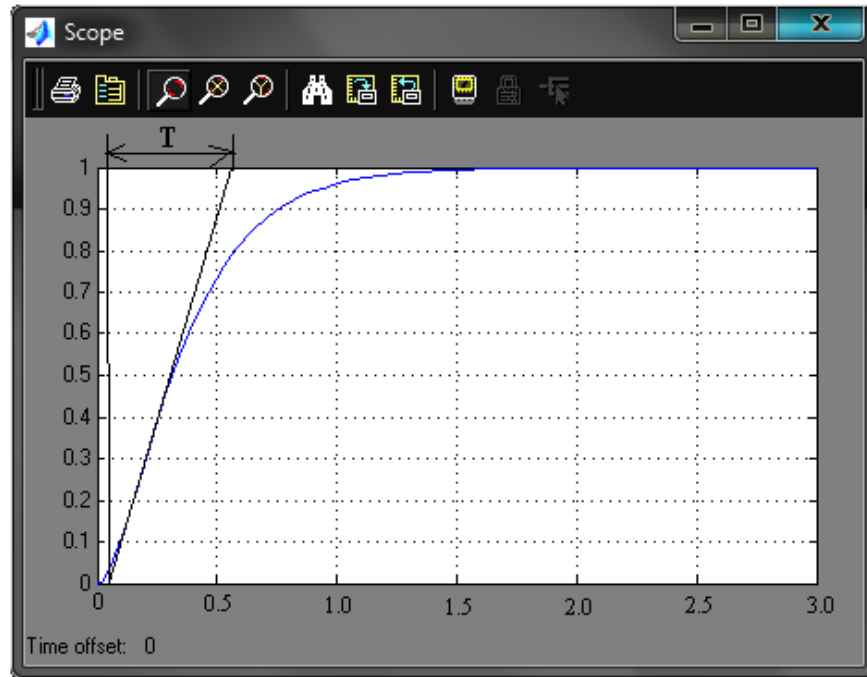


Рисунок 4.7 - Нормована крива розгону об'єкта управління, отримана в MatLab (Simulink)

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу

$$t_p = 3T = 3 \cdot 0,48 = 1,44 \text{ с;}$$

б) перерегулювання

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{\text{уст}}(t)}{h_{\text{уст}}(t)} = \frac{1-1}{1} \cdot 100\% = 0\% \quad (4-5)$$

Область зміни t ділимо на 10 інтервалів. Визначаємо середнє значення для 10-ти точок на експериментальній кривій розгону (рис. 4.3), рівномірно розподілених по кривій і 10-ти точок при тих же моментах часу на кривій розгону, отриманої в MatLab (рис.4.7).

Для цих точок визначаємо мат. очікування (середнє значення \bar{Y}) за фор-

мулою
$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1i} \quad (4-6a)$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2i}, \quad (4-6б)$$

де \bar{Y}_{Y1} - мат. очікування, отримане для експериментальної кривої розгону (рис. 4.2),

\bar{Y}_{Y2} - мат. очікування, отримане для теоретичної кривої розгону (рис. 4.3).

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{0,08 + 0,2 + 0,36 + 0,56 + 0,68 + 0,8 + 0,86 + 0,9 + 0,964 + 0,996}{10} = 0,64$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{0,06 + 0,18 + 0,34 + 0,53 + 0,65 + 0,78 + 0,84 + 0,89 + 0,96 + 0,97}{10} = 0,62$$

Визначаємо оцінку дисперсії середнього для кожної вибірки

$$S_{Y1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y1} - y_i)^2 \quad (4-7a)$$

$$S_{Y2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y2} - y_i)^2 \quad (4-7б)$$

$$S_{Y1} = \frac{(0,64 - 0,08)^2 + (0,64 - 0,2)^2 + (0,64 - 0,36)^2 + (0,64 - 0,56)^2 + (0,64 - 0,68)^2 + (0,64 - 0,8)^2 + (0,64 - 0,86)^2 + (0,64 - 0,9)^2 + (0,64 - 0,964)^2 + (0,64 - 0,996)^2}{10} = 0,107$$

$$S_{Y2} = \frac{(0,62 - 0,06)^2 + (0,62 - 0,18)^2 + (0,62 - 0,34)^2 + (0,62 - 0,53)^2 + (0,62 - 0,65)^2 + (0,62 - 0,78)^2 + (0,62 - 0,84)^2 + (0,62 - 0,89)^2 + (0,62 - 0,96)^2 + (0,62 - 0,97)^2}{10} = 0,109$$

Визначаємо відношення оцінок дисперсій, причому більша з отриманих оцінок дисперсій ділиться на меншу

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\frac{S_{Y_{бильша}}}{S_{Y_{меньша}}} \quad (4-8)$$

$$\frac{S_{Y_{бильша}}}{S_{Y_{меньша}}} = \frac{0,109}{0,107} = 1,02$$

Порівнюючи отримане значення зі значенням критерію Фішера $F_{0,95,10,10} = 2,98$, робимо висновок, що отримана модель адекватна об'єкту управління, так як $1,02 < 2,98$.

4.4 Синтез системи управління методом логарифмічних частотних характеристик (методом Солодовникова)

4.4.1 Побудова асимптотичної ЛАЧХ незмінної частини системи $L_n(\omega)$

Попередньо проводимо аналіз передаточної функції об'єкта управління (4-4) в наступному порядку:

1) з виразу (4-4) знаходимо і записуємо постійні часу елементарних ланок $T_1 = 1,278$ с, $T_2 = 2,555$ с, за якими визначаємо частоти сполучення і маємо в своєму розпорядженні їх в порядку зростання

$$\omega_1 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{2,555} = 0,391 \text{ с}^{-1}, \quad (4-9a)$$

$$\omega_2 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{1,278} = 0,783 \text{ с}^{-1}. \quad (4-9б)$$

2) оскільки в складі передавальної функції об'єкта управління (4-4) відсутні інтегруючі ланки, низькочастотна асимптота ЛАЧХ матиме початковий нахил 0 дБ / дек;

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

3) фіксація низькочастотної асимптоти ЛАЧХ перебуває на частоті $\omega = 1$ на рівні, який визначається з наступного виразу

$$L_n(1) = 20 \cdot \lg(k) = 20 \cdot \lg(5,18) = 14 \text{ дБ} \quad (4-10)$$

де k - коефіцієнт посилення постійної частини САУ.

Застосовуючи правила побудови асимптот, будемо ЛАЧХ в наступному порядку:

1) від частоти сполучення ω_1 до частоти ω_2 будемо асимптоту з нахилом, збільшеним в порівнянні з попереднім на 20 дБ / дек, тобто з нахилом $0-20 = -20$ дБ / дек, так як частота ω_1 пов'язана з співмножником виду $(Ts+1)^\alpha$ ($\alpha = 1$) в знаменнику передавальної функції;

2) від частоти сполучення ω_2 будемо асимптоту з нахилом, збільшеним в порівнянні з попереднім на 20 дБ / дек, тобто з нахилом $-20-20 = -40$ дБ / дек, так як частота ω_2 пов'язана з співмножником виду $(Ts + 1)^\alpha$ ($\alpha = 1$) в знаменнику передавальної функції.

Будемо асимптотическую ЛАЧХ незмінної частини системи (рис. 4.10, крива $L_n(\omega)$).

4.4.2 Побудова бажаної асимптотичної ЛАЧХ по Солодовникова

4.4.2.1 Побудова низькочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ

Нахил і положення низькочастотної асимптоти ЛАЧХ $L_{ж}(\omega)$ залежить від вимог, що пред'являються до статичної точності.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Бажана система не змінює порядок астатизма. З умови заданої статичної точності S_0 може бути розрахований коефіцієнт посилення (добротність за швидкістю) розімкнутої ланцюга системи (об'єкта управління і корегуючого пристрою)

$$k_v = \frac{1 - S_0}{S_0} \quad (4-11)$$

Не змінюючи нахилу низькочастотної асимптоти (0 дБ / дек), фіксуємо її нове положення щодо осі абсцис на рівні

$$L_{\kappa}(1) = 201g(k_v) = 201g\left(\frac{1 - 0,02}{0,02}\right) = 33,804 \text{ дБ} \quad (4-12)$$

4.4.2.2 Побудова середнечастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ

а) Визначення частоти зрізу ω_c і побудова середнечастотної асимптоти бажаної ЛАЧХ

Для визначення мінімально допустимого значення частоти зрізу ω_c ЛАЧХ бажаної системи використовуємо одну з номограмм Солодовникова для статичних систем, яка встановлює відповідність між величиною максимального значення частотної характеристики P_{\max} і величинами перерегулювання σ і часу перехідного процесу t_p .

По заданому значенню перерегулювання $\sigma = 30\%$ за допомогою кривої σ (P_{\max}) номограми (рис. 4.7) знаходимо відповідне йому значення $P_{\max} = 1,6$, по якому за допомогою другої кривої t_p (P_{\max}) (рис. 4.8) визначаємо значення часу перехідного процесу t_p , виражене через частоту зрізу ω_c співвідношенням $4,9\pi / \omega_c$.

частоту зрізу ω_c визначаємо з наступного рівняння

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

$$\omega_z = \frac{4,9 \cdot \pi}{t_p} = \frac{4,9 \cdot \pi}{0,3} = 12,8 \text{ c}^{-1}$$

(4-13)

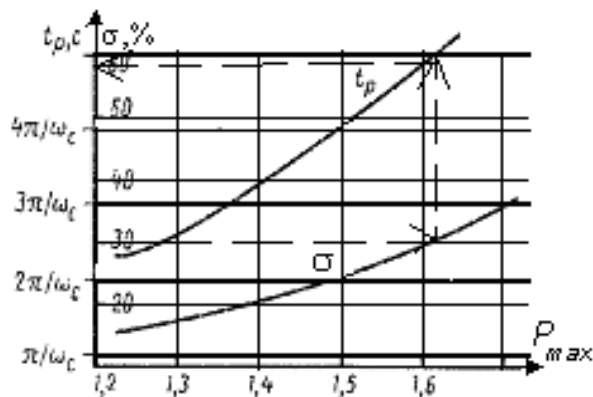


Рисунок 4.8 - Номограма якості Солодовникова для статичних систем

Проводимо через точку $\omega_c = 12,8 \text{ c}^{-1}$ на осі частот середнечастотную асимптоту з нахилом -20 дБ / дек (рис. 4.10).

б) Визначення діапазону частот середнечастотной частини ЛАЧХ

За номограмі (рис. 4.9) і знайденим раніше значенням $R_{\max} = 1,6$ знаходимо необхідний запас по фазі $\gamma_{\min} = 28^\circ$ і відповідні йому ординати середнечастотної частини ЛАЧХ $L_m = \pm 9 \text{ дБ}$.

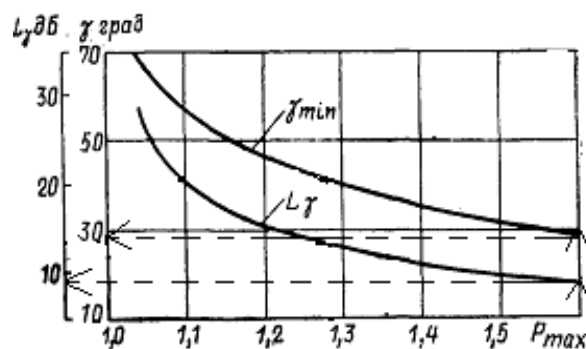


Рисунок 4.9 - Графік для визначення ширини середнечастотной асимптоти і необхідного надлишку фази

Лінії, проведені паралельно осі частот на рівні $L_m = \pm 9$ дБ, дають в точках перетину з середньочастотною асимптотою частоти повідомлення $\omega_{c1} = 0,04 \text{ с}^{-1}$ в низькочастотній частині бажаної ЛАЧХ і $\omega_{c2} = 0,4 \text{ с}^{-1}$ в високочастотній (рис.4.10).

в) Сполучення низькочастотної і середньочастотної частин бажаної ЛАЧХ

Так як точка перетину низькочастотної і середньочастотної асимптот існує і знаходиться лівіше середньочастотної ділянки, то вона і визначає сполучення. За графіком (рис.4.10) визначаємо частоту сполучення рівній $\omega_a = 2,4 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

г) Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ і сполучення її з середньочастотною асимптотою

Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ виконується таким чином, щоб вид бажаної ЛАЧХ в цій області якомога менше відрізнявся від виду незмінною ЛАЧХ.

Середньочастотна асимптота перетинає незмінну ЛАЧХ правіше середньочастотної ділянки, тому цю точку вибираємо в якості точки сполучення з високочастотною частиною бажаної ЛАЧХ. За графіком (рис. 4.10) визначаємо частоту сполучення рівній $\omega_b = 10,2 \text{ с}^{-1}$. При цьому ділянка незмінною ЛАЧХ, розташований правіше цієї точки, вважається високочастотною частиною бажаної ЛАЧХ.

Побудована таким чином бажана ЛАЧХ розімкнутої системи управління $L_{ж}(\omega)$ представлена на рисунку 4.10.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

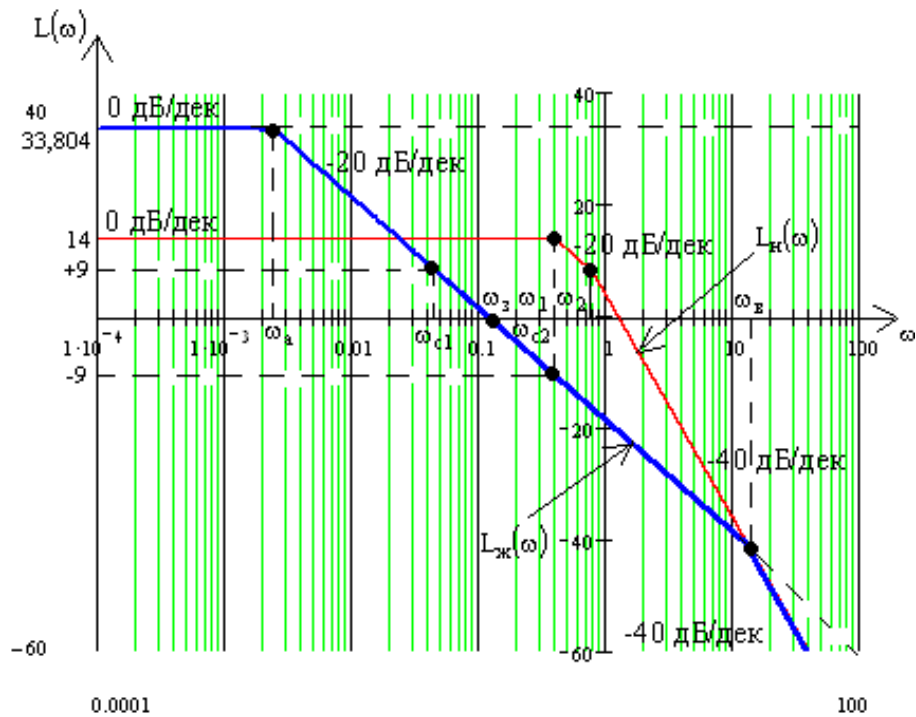


Рисунок 4.10 - Бажана і незмінна асимптотичні ЛАЧХ аналогової системи

4.4.3 Отримання передавальної функції розімкнutoї ланцюга бажаної системи

Для отримання передавальної функції розімкнutoї ланцюга бажаної системи $W_{ж}(\omega)$ по виду отриманої бажаної асимптотичної ЛАЧХ $L_{ж}(\omega)$ застосуємо методику, яка впливає з методики побудови асимптотичної ЛАЧХ по виду її передавальної функції:

- 1) визначаємо частоти сполучення ω_i побудованої бажаної ЛАЧХ $L_{ж}(\omega)$ і маємо в своєму розпорядженні їх в порядку зростання: $\omega_a = 2,4 \times 10^{-3} \text{ c}^{-1}$; $\omega_B = 10,2 \text{ c}^{-1}$;
- 2) визначаємо порядок астатизма бажаної системи за першим нахилом низькочастотної асимптоти бажаної ЛАЧХ. Так як перший нахил складає 0дБ / дек, дана система статична;

3) визначаємо коефіцієнт посилення розімкнутої системи, вимірявши ординату низькочастотної асимптоти $L_{ж}(\omega)$ на частоті 1с^{-1} з подальшим використанням формули

$$k = 10^{\frac{L_{ж}(1)}{20}} = 10^{\frac{33,804}{20}} = 49 \quad (4-14)$$

4) знаходимо вирази для сомножителів чисельника і знаменника передавальної функції розімкнутої системи, послідовно аналізуючи поведінку асимптотической ЛАЧХ:

а) після частоти повідомлення $\omega_a = 2,4 \times 10^{-3} \text{с}^{-1}$ нахил асимптоти збільшується на 20 дБ / дек, що відповідає наявності в знаменнику співмножники

$$\frac{1}{\omega_a} \cdot s + 1 = \frac{1}{2,4 \cdot 10^{-3}} \cdot s + 1 = 416,667 \cdot s + 1; \quad (4-15)$$

б) після частоти сполучення $\omega_b = 10,2 \text{с}^{-1}$ нахил асимптоти збільшується на 20 дБ / дек, що відповідає наявності в знаменнику співмножники

$$\frac{1}{\omega_b} \cdot s + 1 = \frac{1}{10,2} \cdot s + 1 = 0,098 \cdot s + 1. \quad (4-16)$$

Таким чином, передавальна функція бажаної розімкненої системи матиме вигляд

$$W_{ж}(s) = \frac{49}{(416,667 \cdot s + 1) \cdot (0,098 \cdot s + 1)} \quad (4-17)$$

4.4.4 Моделювання синтезованої системи і визначення показників якості перехідного процесу

Використовуючи вираз передаточної функції бажаної (скоригованої) розімкнутої системи, отримуємо перехідну характеристику замкнутої системи, яка представлена на рис. 4.11. Для цього використовуємо математичний пакет MathCad

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

$$W_I(s) := \frac{49}{(416.667 \cdot s + 1) \cdot (0.098 \cdot s + 1)}$$

$$W_Z(s) := \frac{W_I(s)}{1 + W_I(s)}$$

$$h(t) := \frac{W_Z(s)}{s} \Big|_{\text{float}, 1}^{\text{invlaplace}, s} \rightarrow 1 - 1 \cdot \exp(-5.10 \cdot t) \cdot \cosh(4.98 \cdot t) - 1 \cdot \exp(-5.10 \cdot t) \cdot \sinh(4.98 \cdot t)$$

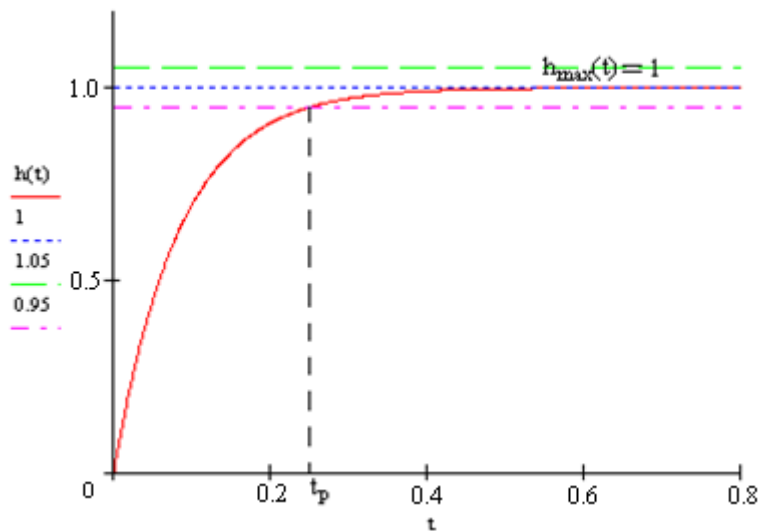


Рисунок 4.11 - Перехідний процес в скоригованій системі

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу

$$t_p = 0,25 \text{ с;}$$

б) перерегулювання

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{\text{уст}}}{h_{\text{уст}}} 100\% = \frac{1 - 1}{1} 100\% = 0 \%$$

Отримані показники якості перехідного процесу задовольняють заданим показниками, а значить, синтез виконаний успішно.

4.4.5 Отримання математичного опису коригуючого пристрою

Передавальну функцію коригуючого пристрою $W_k(s)$ отримуємо діленням передавальної функції бажаної розімкненої системи $W_{ж}(s)$ на передавальну функцію незмінної системи $W_{н}(s)$

$$W_k(s) = \frac{W_{ж}(s)}{W_{н}(s)} = \frac{9,46(1,278s+1)(2,555s+1)}{(416,667s+1)(0,098s+1)} = \frac{9,46(3,26}{40,833s^2} \quad (4-$$

18)

4.5 Моделювання системи управління в математичному пакеті MatLab (Simulink)

Схема моделювання системи управління в математичному пакеті MatLab (Simulink) представлена на малюнку 4.12.

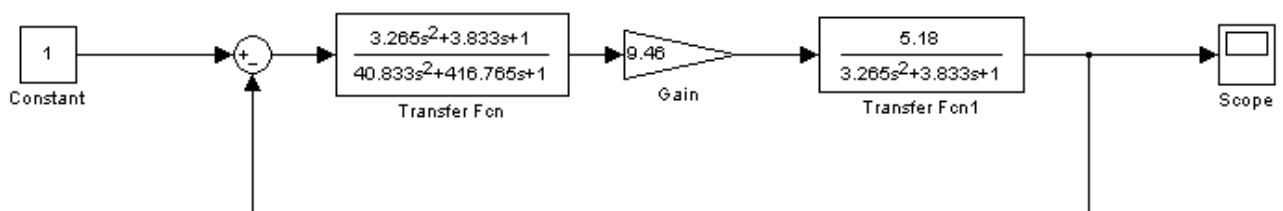


Рисунок 4.12 - Схема моделювання системи управління

Перехідний процес в даній системі має вигляд, зображений на малюнку 4.13.

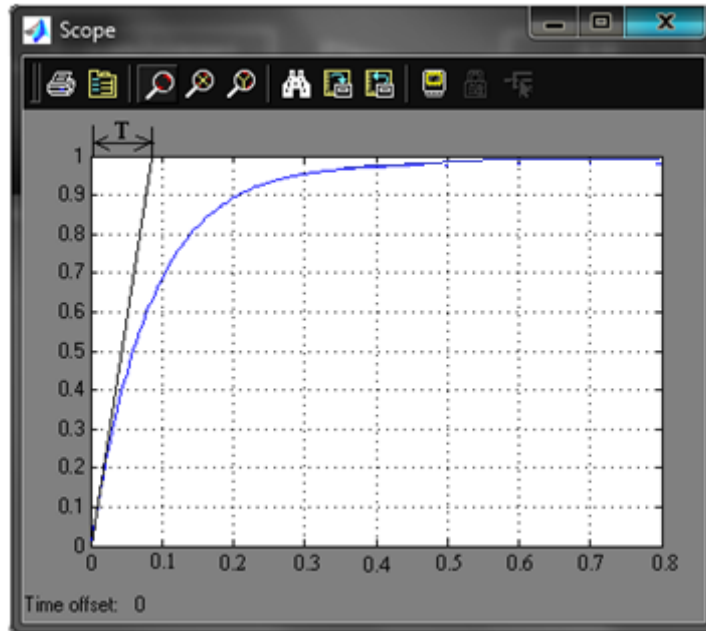


Рисунок 4.13 - Перехідний процес в системі

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) перерегулювання

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{уст}}{h_{уст}} 100\% = \frac{1 - 1}{1} 100\% = 0\% ;$$

б) час перехідного процесу

$$t_p = 3T = 3 \cdot 0,09 = 0,27 \text{ с.}$$

Отримані показники збігаються з аналогічними з попереднього пункту, а отже, моделювання виконано правильно.

ВИСНОВКИ

На підставі Технічного завдання розроблено інформаційне та технічне забезпечення системи автоматизації.

Система являє собою 2-х рівневу АСУ ТП, до складу якої входять:

- датчики, встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні;
- виконавчі органи, які відпрацьовують отримане від контролера вплив;
- контролер, який виконує первинну обробку даних отриманих від датчиків, видає керуючий вплив для регулюючих органів.

Використання сучасних методів управління технологічним процесом, а також новітніх технічних засобів автоматизації в подальшому дасть можливість реалізувати якісно нову технологію управління і підвищити ефективність виробництва, що призведе до:

- підвищення якості продукції, що випускається;
- зниження витрат сировинних і енергетичних ресурсів за деякими статтями витрат на ТП;
- підвищення обсягу продукції, що випускається;
- скорочення простоїв через неполадки;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання;
- використовувати мінімальну кількість працівників, необхідних для підтримки ТП в робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

									Лист
									87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматика та управління в технічних системах. У 11 кн. / Відп. ред. С.В. Ємельянов, В.С.Міхалевіч.-Кн.1. Електричні елементи систем управ-ня проми-словими роботами / А, А. Краснопрошїна і ін. - К .: Вища шк., 1990. - 479 с.
2. Методичні вказівки по оформленню курсових і дипломних проектів. Ін-структивні матеріали. Для студентів спеціальності 7.091401 "Комп'ютеризован-ние системи управління і автоматики". - Суми .: СумДУ, 1998. - 77 с.
3. Засоби ініціювання, П.П. Карпов: Вища школа., 1981. - 285 с.
4. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Справ сел. / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський, С.А. Ключев. -М .: Вища школа, 1990.- 464 с.
5. Сайт компанії «Овен»: www.owen.ru.
6. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б., Проектування функціональних схем систем автоматичного контролю і регулювання.-Томськ .: Изд-во Томськ-го політех-нічного університету, 2008. - 109 с.
7. Сільниця Р.І., Автоматизація проектування систем автоматичного управління -М: Вища. шк., 1991. - 335 с.

					СУ-61Ш 6.151.00.05.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88