

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ

Група АКП-23-2К

Олександр Подорожний

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Подорожний Олександр Степанович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 661.73:547.295:681.5

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Модернізація системи автоматизованого керування

(назва роботи)

процесом екстракції ароматичних вуглеводнів

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва освітньої програми)

174 - «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Нормоконтроль

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

О.В. Кучмистенко

(ініціали та прізвище)

Рецензент

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.Я. Чигур

(ініціали та прізвище)

Здобувач освітнього ступеня

АКП-23-2К

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

О.С. Подорожний

(ініціали та прізвище)

Науковий керівник

асистент

(посада)

(підпис)

(дата)

Г.Г. Зварич

(ініціали та прізвище)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

А.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Спеціальність 174 - «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ

«__» _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Подорожний Олександр Степанович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація системи автоматизованого керування процесом екстракції ароматичних вуглеводнів

керівник роботи Зварич Галина Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «__» _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 13.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Технологічна схема об'єкту, параметри проходження процесу, стандарти, каталоги, методичні вказівки

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів як об'єкта автоматичного контролю і керування. 2 Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування. 3 Синтез структури системи автоматичного керування. 4 Розвиток САК на основі інтелектуальних технологій. 5 Розробка технічної документації на САК. Висновки. Перелік посилань на джерела

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Лист 1 - Функціональна схема автоматизації - БР.АКП-58.00.00.001;

Лист 2 - Експериментальне дослідження - БР.АКП-58.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз і синтез АСК - БР.АКП-58.00.00.003;

Лист 4 - Схема зовнішніх з'єднань - БР.АКП-58.00.00.004;

Лист 5 - Схема підключень - БР.АКП-58.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКП-58.00.00.006.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 06.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів як об'єкта автоматичного контролю і керування	10.06.2025	
2	Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування	11.06.2025	
3	Синтез структури системи автоматичного керування	12.06.2025	
4	Розвиток САК на основі інтелектуальних технологій.	13.06.2025	
5	Розробка технічної документації на САК	13.06.2025	

Студент _____
(підпис)

О.С. Подорожний _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Г.Г. Зварич _____
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить: 75 сторінок друкованого тексту, 20 рисунків, 10 таблиць, 9 посилань на джерела та 3 додатки.

Тема: Модернізація системи автоматизованого керування процесом екстракції ароматичних вуглеводнів.

Об'єкт дослідження: теплообмінник, який має тип «труба у трубі» та розташований установці екстракції ароматичних вуглеводнів.

Мета роботи: розробка ефективної системи автоматизації технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів.

Методи дослідження: експериментальні методи моделювання автоматичної системи управління установкою екстракції ароматичних вуглеводнів.

Результати бакалаврської роботи: виконано ґрунтовний аналіз досліджуваного технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів із точки зору об'єкта автоматизації, а також проаналізовано існуючі на даний час технології керування об'єктом.

Вибрано у якості об'єкта автоматизації теплообмінник, для якого на основі даних проведення активного експерименту визначено передавальну функцію за каналом «положення РО - температура на виході теплообмінника» та каналом «положення РО - витрата теплоносія». Здійснено вибір регуляторів а також розраховані їхні оптимальні параметри налаштування. Виконано моделювання одноконтурної а також каскадної систем автоматичного керування та визначено їхні показники якості. Здійснено дослідження систем на стійкість.

Здійснено розробку структурної схеми ієрархічної системи автоматичного керування, а також функціональну схему, схему зовнішніх з'єднань, схему підключень та загальний вигляд щита керування. Виконано вибір технічних засобів автоматизації.

Ключові слова: одноконтурна система, екстракція, каскадна система, теплообмінник, регулятор.

SUMMERY

The bachelor thesis contains: 75 pages of printed text, 20 figures, 10 tables, 9 references to sources and 3 appendices.

Topic: Modernization of the automated control system for the extraction process of aromatic hydrocarbons.

The object of the study: a heat exchanger that is of the "tube-in-tube" type and is located in an aromatic hydrocarbon extraction unit.

The purpose of the work: development of an effective automation system for the technological process of extraction of aromatic hydrocarbons.

Research methods: experimental methods of modeling the automatic control system of the aromatic hydrocarbon extraction plant.

The results of the bachelor's work: a thorough analysis of the researched technological process of aromatic hydrocarbon extraction from the point of view of the object of automation was carried out, as well as the currently existing object management technologies were analyzed.

A heat exchanger was selected as the object of automation, for which, based on the data of the active experiment, the transfer function was determined according to the channel "RO position - heat exchanger outlet temperature" and "RO position - coolant consumption" channel. Regulators were selected and their optimal setting parameters were calculated. Single-loop and cascade automatic control systems were modeled and their quality indicators were determined. A study of systems for stability was carried out.

The structural diagram of the hierarchical automatic control system was developed, as well as the functional diagram, the diagram of external connections, the diagram of connections and the general appearance of the control board. The selection of automation technical means has been made.

Key words: single-circuit system, extraction, cascade system, heat exchanger, regulator.

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	8
	ВСТУП.....	9
1	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....	10
	1.1 Призначення і суть процесу екстракції ароматичних вуглеводнів..	10
	1.2 Характеристика отриманої продукції, сировини і розчинника.....	11
	1.3 Аналіз технологічної схеми установки екстракції ароматичних вуглеводнів.....	12
	1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування.....	14
	1.5 Вибір і обґрунтування параметрів контролю та регулювання процесом екстракції ароматичних вуглеводнів.....	17
	1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу....	21
	Висновки до розділу.....	23
2	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	24
	2.1 Структурна схема об'єкта керування.....	24
	2.2 Формування мети регулювання та вимог до системи.....	25
	2.3 Експериментальне визначення динамічних характеристик керованого об'єкту.....	25
	2.3.1 Підготовка і планування експерименту.....	25
	2.3.2 Обробка результатів експерименту.....	28
	2.3.2.1 Обробка результатів допоміжного каналу.....	28
	2.3.2.2 Обробка результатів експерименту по основному каналу.....	30
	Висновки до розділу.....	32

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Модернізація системи автоматичного керування процесом екстракції ароматичних вуглеводнів	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Подорожний О.С.					6	75	
Перевір.	Зварич Г.Г.							
Реценз.	Чигур Л.Я.					АКП-23-2К ІФНТУНГ		
Н. Контр.	Кучмистенко О.В.							
Затверд.	Лагойда А.І.							

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП - автоматизована система керування технологічним процесом.

ЕК - екстракційна колона.

ВК - відпарна колона.

КО - керований об'єкт.

РО - регулюючий орган.

ФСА - функціональна схема автоматизації.

ЦПМ - цифрова промислова мережа.

PLC - програмованих логічних контролерів.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У зв'язку з великою потребою промисловості органічного синтезу в бензолі і його найближчих гомологах усе більш широко розвиваються процеси виділення низькомолекулярних ароматичних вуглеводнів з нафтової сировини. Бензол служить сировиною для одержання синтетичних волокон, синтетичного каучуку, пластичних мас та ін. Толуол застосовують для одержання тринітротолуолу, діізоціаната і бензолу, як розчинник і пластифікатора каучуків, у виробництві миючих засобів, капролактаму та ін. о-Ксилол служить сировиною для виробництва фталевого ангідриду, п-ксилол - для синтезу терефталевої кислоти (напівпродукту у виробництві синтетичного волокна-лавсану); для одержання ізофталевої кислоти і на її основі - алкідних смол. Етилбензол - для одержання стиrolу. Бі- і три- циклічні ароматичні вуглеводні без довгих бічних ланцюгів є коштовною сировиною для одержання сажі. Так, у США і Західній Європі для цієї мети щорічно використовується близько 3 мльонів тонн нафтових ароматичних фракцій.

Найбільш широко застосовуваний у промисловості метод виділення ароматичних вуглеводнів із продуктів нафтового походження екстракція за допомогою виборчих розчинників. Достоїнством даного методу порівняно з іншими існуючими методами виділення ароматичних вуглеводнів з різноманітних сумішей є можливість здійснення процесу у рідкій фазі за порівняно невисоких температур, а також відносно малого вмісту ароматичних вуглеводнів у сировині.

В основі роботи стоїть процес екстракції ароматичних вуглеводнів. Оптимальні параметри процесу забезпечують високу якість вихідного продукту. Для досягнення цих параметрів, потрібно автоматизувати установку для виробництва ароматичних вуглеводнів, отже метою роботи є розробка системи неперервного контролю і регулювання процесом екстракції ароматичних вуглеводнів.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

1.1 Призначення і суть процесу екстракції ароматичних вуглеводнів

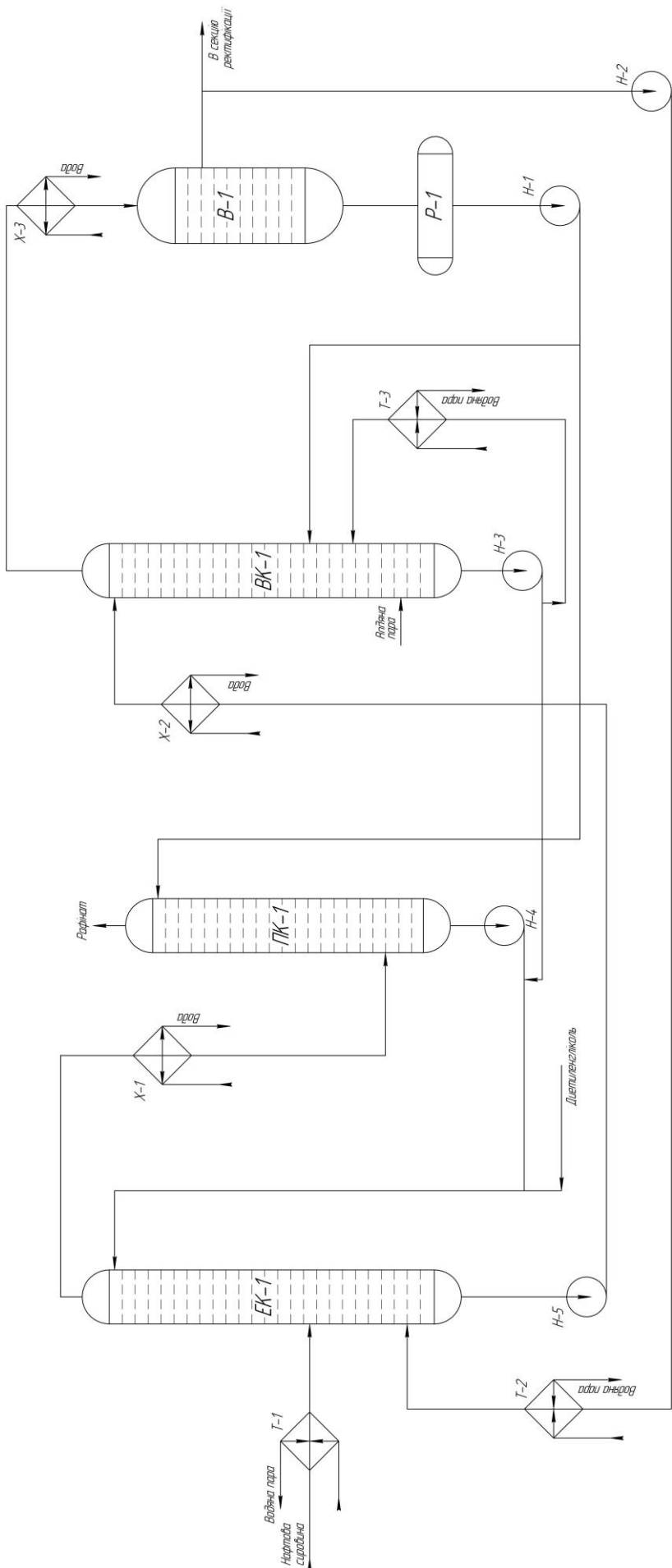
Технологічний процес екстракції призначений для розділення сумішей рідин, котрі володіють близькою температурою кипіння, на окремі складові за допомогою розчинника.

Технологічний процесу заключається у тому, що отримана вихідна сировина перемішується із розчинником. У якості розчинника використовується така рідина, котра розчиняє один компонент, а відповідно інший компонент не розчиняє чи частково розчиняє. У якості розчинників використовують такі рідини: фурфурол, N-метилпіролідон, фенол, рідкий пропан, сульфолан, етиленгліколь. В процесі перемішування сировини із розчинником протягом певного часу, а також подальшим процесом відстоювання утворюються два розчини: нижній - екстрактний; верхній - рафінатний.

Рафінатний розчин представляє собою компонент котрий не розчиняється у розчиннику із деякою кількістю розчинника. Екстрактний розчин представляє собою основну кількість розчинника із розчиненим у ньому компонентом. Після здійснення відокремлення розчинів, а також відгонки розчинника отримують практично чисті компоненти в вигляді рафінату і екстракту.

Дана технологічна установка використовується з метою виділення ароматичних вуглеводнів із різноманітних нафтових продуктів шляхом екстракції з використанням селективних розчинників. У порівнянні з іншими методами перевагою цього методу є виділення ароматичних вуглеводнів із наявних сумішей з парафіновими та нафтовими вуглеводнями (адсорбція, азеотропна та екстрактивна перегонка). Є наявна можливість проведення технологічного процесу у рідкій фазі за порівняно невисоких температур, а також відносно малого вмісту ароматичних вуглеводнів в сировині.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ВК-1 - відпарна колона; ЕК-1 - екстракційна колона; ПК-1 - промивна колона; Х-1 - Х-3 - холодильники;
 Р-1 - резервуар для води; Т-1, Т-2, Т-3 - теплообмінники; В-1 - відстійник; Н-2 - Н-5 - плунжерний насос;
 Н-1 - відцентровий насос

Рисунок 1.1 - Технологічна схема процесу екстракції ароматичних вуглеводнів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Вхідна сировина через теплообмінник Т-1 потрапляє у екстракційну колону ЕК-1, в верхню частину котрої направляється диетиленгліколь. В нижню частину екстракційної колони ЕК-1 з використанням насосу Н-2 направляється попередньо нагріта в теплообміннику Т-2 деяка циркулююча в установці частинка екстракту. З верхньої частини колони ЕК-1 виводиться наявний рафінатний розчин, котрий після процесу охолодження у холодильнику Х-1 поступає у промивну колону ПК-1 з метою відмивання від рафінату диетиленгліколю водою, котра подається із резервуара Р-1 за допомогою насосу Н-1. З нижньої частини колони ПК-1 відкачується водяний розчин диетиленгліколю за допомогою насоса Н-4, котрий змішується із безводним розчинником а потім повертається у наявну екстракційну колону ЕК-1.

Із верхньої частини колони ПК-1 виводиться рафінат (неароматичні вуглеводні). Наявний екстрактний розчин, який складається із диетиленгліколю, води, а також екстракту відкачується за допомогою використання насосу Н-5 з нижньої частини екстракційної колони ЕК-1, а потім направляється, після здійснення охолодження у холодильнику Х-2, в верхню частину задіяної відпарної колони ВК-1. Із нижньої частини даної колони регенований розчинник, за допомогою наявного насосу Н-3, повертається знову у колону ЕК-1, а деяка частина розчинника циркулює через наявний теплообмінник Т-3 з метою підтримки у колоні ВК-1 потрібного температурного режиму.

Пари суміші ароматичних вуглеводнів, води а також диетиленгліколю конденсуються у холодильнику Х-3 відходячи зверху колони ВК-1. Конденсат, який утворився надходить в відстійник В-1, де здійснюється розділення на два шари з яких верхній шар - екстракт (ароматичні вуглеводні) відправляється у секцію ректифікації з метою розділення суміші ароматичних вуглеводнів на толуол, бензол, а також ксилоли.

1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування

У установці екстракції ароматичних вуглеводнів використано таке

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування обладнання	Матеріал	Технічні характеристики
Теплообмінник Т-1, Т-2, Т-3	Сталь	Горизонтальні апарати, здвоєні з плаваючою головкою. Діаметр корпусу - 0,7240 м. Ємність трубного простору - 1,690 м ³ . Загальна довжина - 6,90 м. Ємність міжтрубного простору-3,80 м ³ .
Промивна колона ПК-1	Сталь	Вертикальний циліндричний апарат зі сферичним днищем. Діаметр - 2,0 м. Висота - 4,20 м. Температура - 35,0 °С. Товщина стінок корпусу - 0,0140 м. Допустимий робочий тиск - 1,80 МПа. Ємність - 13,20 м ³ .
Резервуар для води Р-1	Сталь	Горизонтальний пустотілий апарат з еліптичним дном. Загальна довжина - 6,80 м. Діаметр - 2,50 м. Температура - 55,0 °С. Ємність - 33,0 м ³ . Товщина стінки - 0,0120 м. Допустимий робочий тиск - 1,20 МПа..
Холодильник Х-1 - Х-3	Сталь	Горизонтальний апарат здвоєний, кожухотрубний з нерухомими решітками. Загальна довжина - 5,990 м. Діаметр - 0,620 м. Температура - 80 °С. Допустимий робочий тиск - 1,60 МПа.
Відцентровий насос Н-1	Сталь	Насос марки 70-NET-230-10-FE з продуктивністю G=30,0 м ³ /год

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Найменування обладнання	Матеріал	Технічні характеристики
Відстійник В-1	Сталь	Вертикальний циліндричний апарат зі сферичним днищем. Діаметр - 2,20 м. Висота - 6,60 м. Температура - 35°C. Товщина стінки корпусу - 0,0120 м. Допустимий робочий тиск - 1,40 МПа. Ємність - 25,0 м ³ .
Плунжерні насоси Н-2 - Н-5	Сталь	Плунжерний насос СННР 100/63-LN-FE. Продуктивність G=4,0 м ³ /Год.

1.5 Вибір і обґрунтування параметрів контролю та регулювання процесом екстракції ароматичних вуглеводнів

Нормальна температура в екстракційній колоні коливається в межах від 145 °С до 149°C. Збільшення температури викликає збільшення розчинної здатності розчинника, а також зменшення його витрати до деякої межі. У випадку подальшого підвищенні температури пропорційно зменшується ефективність розчинника та відповідно в ньому розчиняються ще й інші компоненти. У випадку високої температури зникає границя розділу фаз, а також неможливо розділити рафінатний розчин, саме тому температуру процесу екстракції вибирають такою, щоб забезпечувалась необхідна розчинність розчинника, а також необхідна селективність. Виходячи з цього можна стверджувати, що температуру сировини, а також циркулюючого розчину на вході у екстракційну колону потрібно регулювати, а процес регулювання здійснюватимемо за допомогою витрати пари у теплообмінниках через котрі проходять дані речовини. Кількість (витрату) пари регулюватимемо клапаном, котрий ставиться на лінії для подачі пари.

Для проходження технологічного процесу екстракції досить велике значення має співвідношення мас розчинника та сировини, а також відношення об'ємів

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сировини і циркулюючого розчину. Дані співвідношення відповідно потрібно регулювати. Регулювання виконуватиметься за допомогою процесу регулювання співвідношень витрат сировини та розчинника. У випадку такого регулювання витрату сировини братимемо як сталу величину, а витрату розчинника і циркулюючого розчину змінюватимемо за допомогою клапанів на відповідних лініях подачі.

Оскільки регулювати рівень рідини потрібно для кожної колони тому необхідно на усіх трьох колонах проводити регулювання рівня шляхом встановлення клапанів на лінії зливу рідини із колони.

Оскільки тиск у колоні, а також рівень рідини у ній являються взаємозалежними величинами то ми виконавши регулювання рівня виконуємо індикацію тиску у кожній колоні, а також виконуємо сигналізацію значення максимального тиску.

Температура верху колони, для відпарної колони, визначає якість продукту, котрий виводиться з верхньої частини колони, а саме кількість вихідної пари ароматичних вуглеводнів та води. Очевидно, що процес регулювання значення температури вверха колони відбуватиметься за рахунок зміни величини води котра проходить через холодильник Х-2. Якість нижнього вихідного продукту визначає температура низу відпарної колони, тобто розчину диетиленгліколю. З метою підтримання потрібної температур ми здійснимо регулювання кількості пари котра поступає у теплообмінник, котрий нагріває розчинник, який циркулює в відпарній колоні.

З метою промивання рафінату диетиленгліколю водою, дану воду у промивну колону потрібно подати за певної витрати для необхідної ефективності процесу, саме тому змонтувавши регулюючий орган на технологічній лінії для подачі води ми зможемо отримати потрібну подачу.

Контролю також підлягають ще й інші параметри, котрі необхідно регулювати, а саме якість розчинника (вміст в ньому води), а також витрата води для відпарювання. Аналогічним чином ми змонтуємо регулюючі органи на

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічній лінії для подачі диетиленгліколю, на лінії для забезпечення якості розчинника, а також регулюючий орган на технологічній лінії для подачі води.

Інші параметри, значення котрих являються важливими, але у той самий час не потребують регулювання, ми будемо здійснювати їхню індикацію і сигналізацію.

Параметрами, які являються основними та суттєво впливають на технологічний процес екстракції ароматичних вуглеводнів, та котрі, необхідно регулювати, є такими: співвідношення об'ємів сировина/розчинник; температура сировини на вході у колону екстракції; вміст води у розчиннику; температура рециркулянта на вході у колону; рівень рідини у екстракційній колоні.

Оскільки до складу технологічної установки екстракції ароматичних вуглеводнів входять відпарна колона ВК-1, промивна колона ПК-1, відстійник В-1 і резервуар для води Р-1, потрібно також регулювати наступні параметри: температура верху відпарної колони; рівень рідини в відпарній колоні; температура речовини на вході в відстійник; витрата води на промивку у промивній колоні; рівень рідини у резервуарі для води; рівень рідини у промивній колоні; температура низу відпарної колони; рівень рідини в відстійнику.

Також контролюватимемо усі режимні параметри, а включання аварійної сигналізації здійснюватиметься при виході встановлених параметрів за попередньо задані мережі: рівень рідини у відстійнику; тиск у екстракційній колоні; рівень рідин у ПК-1, ЕК-1, ВК-1; тиск у промивній колоні; тиск в відпарній колоні.

Усі задіяні параметри контролю та регулювання, а також їхні допустимі значеннями представлені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Параметри контролю та регулювання

Найменування параметру	Діапазон коливання	Одиниці вимірювання	№ позиції на ФСА
Співвідношення об'ємів сировина/розчинник	11,0 -15,0	-	4

Продовження таблиці 1.5

Найменування параметру	Діапазон коливання	Одиниці вимірювання	№ позиції на ФСА
Температура сировини на вході у екстракційну колону	145,0 - 150,0	°С	1
Рівень рідини у екстракційній колоні	0,20 - 3,90	м	11
Температура рециркулянта на вході у колону	120,0 - 135,0	°С	9
Витрата води на промивку у промивній колоні	0,60 - 1,0	м ³ /год	15
Вміст води в розчиннику	15,0 - 3,0	% мас.	13
Температура верху у відпарній колоні	80,0 - 110,0	°С	21
Рівень рідини у промивній колоні	0,30 - 2,80	м	18
Температура речовини на вході в відстійник	30,0 - 50,0	°С	29
Рівень рідини у відпарній колоні	0,20 - 3,90	м	23
Тиск в промивній колоні	0,30 - 0,50	МПа	17
Температура низу у відпарній колоні	150,0 - 190,0	°С	25
Тиск в екстракційній колоні	0,70 - 0,80	МПа	8
Рівень рідини у відстійнику	0,20 - 6,10	м	31
Тиск у відпарній колоні	0,650 - 0,70	МПа	20
Рівень рідини в резервуарі для води	0,20 - 2,30	м	34

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ

Арк.

20

1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу

Процес управління технологічним процесом екстракції ароматичних вуглеводнів звичайно не можливо уявити, без виконання процесу регулювання температури деякої сировини, чи продуктів на деякому етапі процесу виробництва. Температура являється параметром при певному значенні котрого відбуваються певні хімічні реакції. Оптимальне значення температури, за якої відбувається даний технологічний процес, забезпечує досить високу якість кінцевого продукту, саме тому її необхідно регулювати.

Процес регулювання проводиться за різними параметрами, котрі суттєво впливають на температуру продукту на виході із теплообмінника. Зазвичай такими параметрами являються витрата сировини та теплоносія. В технологічній схемі екстракції використовується теплообмінник, який має тип «Труба у трубі». Сировина екстракції рухається по внутрішній трубі, а водяна пара рухається по зовнішній трубі. В результаті різниці температур даних двох середовищ здійснюється теплопередача і відповідно змінюється температура сировини. Задавши потрібні значення витрати сировини та теплоносія, отримаємо на виході потрібне значення температури сировини на виході з даного теплообмінника, а як результат і вихідні продукти належної якості. Системи автоматичного регулювання поділяються на одноконтурні, багатоконтурні, а також каскадні. Одноконтурні системи автоматичного керування характеризуються тим, що у них присутній тільки один контур автоматичного регулювання, котрий складається із регулятора та об'єкта керування. У таких системах процес регулювання температури відбувається за значенням даної температури на виході з теплообмінника. У багатоконтурних системах автоматичного керування передбачається два і більше регулятора. В таких системах керувальний вплив, від значення якого залежить керована величина, регулюються за кожним контуром. У каскадних системах автоматичного регулювання керувальна дія надходить від попереднього регулятора до наступного.

Як відомо температура являється інерційним параметром, саме тому зміна її

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення відбувається не миттєво, а протягом деякого часу. Величина витрати сировини не являється інерційним параметром, тому, що її зміна здійснюється миттєво. Задіювання витрати сировини до каскадної системи автоматичного регулювання викликає підвищення якості процесу регулювання оскільки реакція системи на зміну відбувається значно швидше ніж у одноконтурній системі автоматичного регулювання, де враховується значення температури, а значення витрата сировини не враховується.

Однією з найважливіших секцій установки екстракції ароматичних вуглеводнів є секція нагрівання сировини екстракції у теплообміннику. Достатньо важливим параметром технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів, котрий має суттєвий вплив на якість вихідного продукту, являється температура сировини екстракції при вході у екстракційну колону. Саме тому необхідно автоматизувати роботу теплообмінника.

Оптимальна температура сировини, яка потрапляє в екстракційну колону становить 145-150°C, тому її необхідно регулювати. Для регулювання температури сировини екстракції використовуємо каскадну автоматизовану систему регулювання.

Дана схема характерна тим, що регулювання температури сировини відбувається з корекцією по витраті теплоносія, тому реакція на зміну системи підвищується.

З метою покращення процесу керування вцілому, а також для більш чіткого дотримання встановлених норм технологічних режимів та необхідної якості готової продукції використовуємо мікропроцесорні контролери фірми «МІКРОЛ», які зазвичай використовуються з метою вирішення широкого кола завдань. Запропоновані дозволяють вести як локальне і каскадне так і багатозв'язне регулювання.

МК-51 може обслуговувати не більше двох незалежних контурів регулювання, які мають різну задачу на кожен з контурів, а також включає у себе різноманітне поєднання дискретних та аналогових входів/виходів, та надає можливість безударної заміни режимів, включення, відключення та переключення

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контурів регулювання.

В якості джерел отримання і перетворення інформації запропоновано встановити найсучасніші засоби автоматизації технічні характеристики котрих надають можливість з'єднувати їх із ПК оскільки забезпечують уніфікований вихідний сигнал.

Саме такими засобами являються перетворювачі які виконані у вибухобезпечному виконанні, та котрі здійснюють неперервне перетворення величини вимірюваного параметра (тиску, рівня, витрати та ін.) в уніфікований струмовий сигнал з дистанційною передачею.

Висновки до розділу

Виконано аналіз технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів. Наведено характеристики сировини технологічного процесу та отриманих продуктів процесу екстракції. Здійснено вибір параметрів контролю та регулювання на установці, а також відповідно до технологічної схеми, виконано вибір та охарактеризовано обладнання, котре потрібне для здійснення технологічного процесу екстракції.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1 Структурна схема об'єкта керування

Як відомо математичний опис керованого об'єкту можна отримати аналітичним та експериментальним методами. Кожен із даних методів володіє своїми перевагами та недоліками. Аналітичний опис досліджуваного теплообмінного апарату повинен враховувати достатньо багато факторів, які пов'язані безпосередньо із середовищем передачі теплоти. Саме тому для належної точності відтворення технологічного процесу нагрівання у теплообміннику необхідно описати, а потім і розв'язати систему яка складається із багатьох диференціальних рівнянь, в котрих величина зміни температури диференціюється як по часу так і по довжині теплообмінника.

Натомість математичний опис, котрий базується на аналізі експериментальних даних являється більш простішим та являється достатнім для адекватного опису об'єкта керування. Для проведення досліджень виберемо один із базових апаратів котрий безпосередньо впливає на якість готової продукції. Таким апаратом являється теплообмінник Т-1. Здійснивши аналіз усіх особливостей теплообмінника Т-1 можемо з упевненістю зазначити, що схема об'єкта керування матиме вигляд наведений на рисунку 2.1.



U - положення регулюючого органу; $F_{тепл.}$ - витрата теплоносія в теплообмінник;

$T_{с.вих.}$ - температура сировини на виході з теплообмінника

Рисунок 2.1 - Структурна схема керованого об'єкта

У даному випадку керуючими параметрами являтимуться положення регулюючого органу U а також витрата теплоносія у теплообмінник Т-1 $F_{тепл.}$. Головним регульованим параметром являється температура сировини при виході з

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

теплообмінника $T_{с.вих}$

2.2 Формування мети регулювання та вимог до системи

Система автоматичного керування (САК) призначена для підтримання постійного значення температури сировини при вході у екстракційну колону.

Розроблювана САК має забезпечувати такі показники якості: перерегулювання < 20%; похибка апроксимації < 2,5%; запас стійкості по амплітуді 0,5 - 0,6; відхилення керованої величини від деякого усталеного значення < 5%; запас стійкості по фазі 30° - 60°; степінь затухання коливань 0,75 - 0,95%.

2.3 Експериментальне визначення динамічних характеристик керованого об'єкту

Об'єктом регулювання являтиметься теплообмінник Т-1, котрий використовується з метою регулювання температури сировини екстракції при вході у екстракційну колону. Існує декілька способів для визначення динамічних характеристик об'єкта. Кожен з таких способів включає у себе три наступних етапи: 1) підготовка та планування експерименту; 2) проведення експерименту; 3) обробка результатів експерименту.

2.3.1 Підготовка і планування експерименту

На початковому етапі треба виділити вхідну а також вихідну змінні. У якості вхідного параметра виступатиме відкриття регулюючого органу на трубопроводі для подачі теплоносія яким являється водяна пара, а відповідно вихідним являється сигнал від вторинного приладу.

Шляхом відкриття регулюючого органу нанесемо вхідний вплив, після якого фіксуватимемо величину зміни вихідної величини, яким являється сигнал від вимірювального перетворювача.

У цілому етап підготовки апаратури ґрунтується на виборі приладу, для реєстрації зміни вихідної змінної. Точність (клас точності) потрібного приладу має

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бути не меншим 0,5 за найменшої зони нечутливості. Вибраний прилад має мати діапазон шкали реєструючого приладу, а також швидкість руху діаграмного блоку, за котрих зміна досліджуваної змінної займатиме на діаграмному блоку 100 - 200 мм його ширини (величина змінної) та 200,0 – 250,0 мм його довжини (час).

На початковому етапі експерименту на об'єкті досягається режим роботи, який характеризується деякою постійністю вхідної змінної. Саме після такого етапу наносяться збурення шляхом відкриттям РО на 10% від попереднього значення та реєструються зміни значень вихідної величини. Паралельно з цим здійснюється запис зміни наявних основних збурюючих впливів.

Коли значення вихідної величини залишатиметься незмінним, то ми вважатимемо, що процес дослідження закінчений.

Значення експериментальних даних отримані в процесі нагрівання сировини екстракції у теплообміннику, який має тип «труба у трубі» в процесі пуску установки.

В нашому випадку теплообмінник Т-1 використовується з метою регулювання значення температури сировини екстракції при вході у колону екстракції. Сировиною для процесу екстракції ароматичних вуглеводнів являється дистильований екстракт селективного очищення, значення температури котрого на вході у теплообмінник Т-1 являється рівною $T_{c.вх} = 55$, а на виході з теплообмінника являється рівною $T_{c.вих} = 150^{\circ}\text{C}$.

Результати експериментального дослідження за допоміжним (положення регулюючого органу (РО), % - витрата теплоносія, кг/с) каналом регулювання і за основним (положення регулюючого органу (РО), % - температура на виході теплообмінника, $^{\circ}\text{C}$) каналом регулювання наведені у таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 - Результати експериментального дослідження за каналом регулювання «положення регулюючого органу - витрата теплоносія»

$t, \text{с}$	%, ВХ	$F_{\text{менл.}}, \text{кг/с}$	$t, \text{с}$	%, ВХ	$F_{\text{менл.}}, \text{кг/с}$	$t, \text{с}$	%, ВХ	$F_{\text{менл.}}, \text{кг/с}$
0	10	0,43	12	10	0,5146	24	10	0,5197
3	10	0,469	15	10	0,5177	27	10	0,5199

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ			Арк.
								26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Продовження таблиці 2.1

t, c	%, ВХ	$F_{менл.}, кг/с$	t, c	%, ВХ	$F_{менл.}, кг/с$	t, c	%, ВХ	$F_{менл.}, кг/с$
6	10	0,4946	18	10	0,5187	30	10	0,52
9	10	0,5072	21	10	0,5189			

Таблиця 2.2 - Результати експериментального дослідження за каналом регулювання «положення регулюючого органу - температура на виході теплообмінника»

t, c	%, ВХ	$T_{с.вих}, ^\circ C$	t, c	%, ВХ	$T_{с.вих}, ^\circ C$	t, c	%, ВХ	$T_{с.вих}, ^\circ C$
0	10	55	15	10	139,74	30	10	149,24
3	10	72,39	18	10	143,83	33	10	149,53
6	10	98,23	21	10	146,3	36	10	149,72
9	10	121,12	24	10	147,91	39	10	149,91
12	10	133	27	10	148,67	42	10	150

Згідно з таблицями 2.1 та 2.2 виконаємо побудову експериментальних перехідних характеристик за допоміжним (положення регулюючого органу - витрата теплоносія) та основним (положення регулюючого органу - температура на виході теплообмінника) каналами регулювання (рисунки 2.2, 2.3).

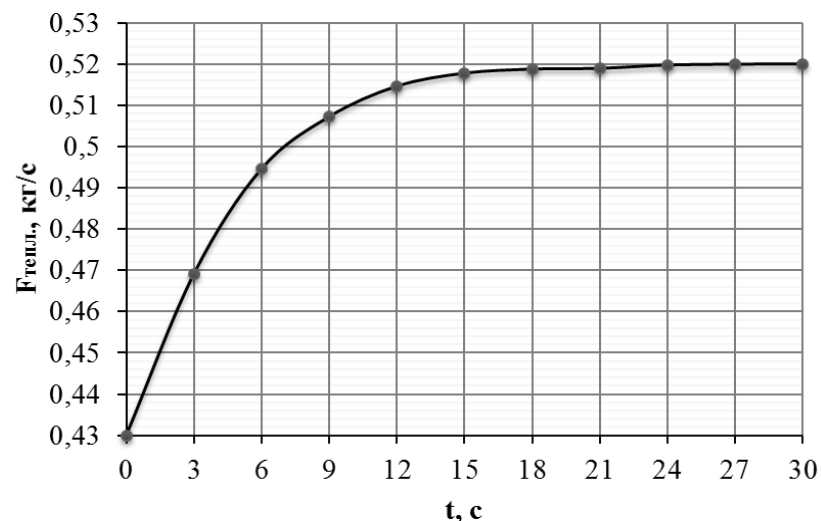


Рисунок 2.2 – Зображення експериментальної перехідної характеристики по допоміжному каналу регулювання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Виконаємо апроксимацію безрозмірних даних за допомогою програмного продукту Argox. З результатів наведених у додатку А2 отримаємо передавальну функцію об'єкта керування за основним каналом регулювання:

$$W_o(p) = \frac{1}{13,017p^2 + 7,795p + 1}. \quad (2.4)$$

В точці $t = 9,0$ секунд похибка апроксимації є максимальною $\delta = 1,8\%$.

Висновки до розділу

В розділі був вибраний, а також детально обґрунтований керований об'єкт. Визначено його структурну схему дивлячись із точки зору об'єкта автоматизації. Проведено апроксимацію даних виконаних експериментальних досліджень, що були отримані як результат виконання активного експерименту. Відповідно до даних активного експерименту визначено функцію передачі об'єкта за основним та допоміжним каналами регулювання.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

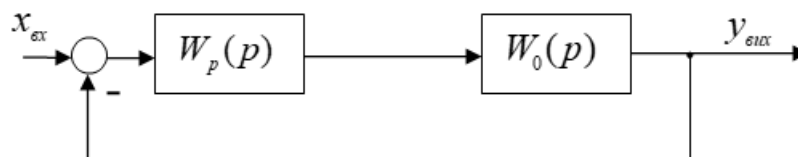
3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Знаходження оптимальних параметрів налаштування регуляторів надає можливість швидкого запуску установки без виконання численних випробувань, а також забезпечує економію значних матеріальних коштів та часових ресурсів.

3.1 Пошук оптимальних параметрів одноконтурної САК

З точки зору автоматизації об'єкт керування вимагає високої якості регулювання базових основних технологічних параметрів. Це особливо стосується регулювання температури при виході із теплообмінника Т-1, систему автоматичного керування якої розглядатимемо для дослідження.

Спрощена функціональна схема технологічного апарату за умови використання одноконтурної САК представлена на рисунку 3.1.



$W_p(p)$ - функція передачі вибраного регулятора; $W_0(p)$ - функція передачі досліджуваного об'єкта керування

Рисунок 3.1 - Спрощена функціональна схема одноконтурної САК

З метою забезпечення потрібних показників якості процесу регулювання, а також з метою забезпечення належної якості перехідного процесу і підвищення стійкості системи автоматизації виберемо регулятор, який використовуватиме ПІ - законом регулювання. В загальному вигляді передавальна функція такого регулятора матиме такий вигляд:

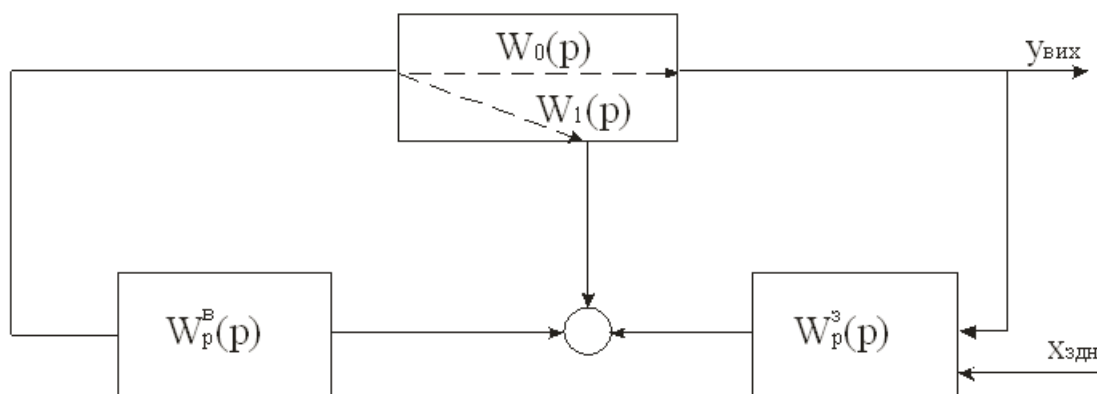
$$W_p(p) = C_1 + \frac{C_0}{p} = \frac{C_1 p + C_0}{p}. \quad (3.1)$$

Функція передачі розімкненої одноконтурної системи наведена нище:

$$W_{роз}(p) = \frac{W_p(p)}{13,017 p^2 + 7,795 p + 1}; \quad (3.2)$$

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відбувається підвищення якості перехідного процесу. Це є особливо ефективним при компенсації збурень, котрі поступають за каналом регулювання. Це також являється доречним для теплообмінників, на котрі діють постійні збурення. За швидкодіючий контур в даному випадку приймаємо «положення регулюючого органу - витрата теплоносія», а за основний інерційний «положення регулюючого органу - температура на виході із теплообмінника».



$W_1(p)$ - функція передачі за допоміжним каналом регулювання;

$W_0(p)$ - функція передачі за основним каналом регулювання;

$W_p^6(p)$ - функція передачі допоміжного (внутрішнього) регулятора;

$W_p^3(p)$ - функція передачі основного (зовнішнього) регулятора

Рисунок 3.2 - Спрощена функціональна схема каскадної САК

Розрахунок оптимальних параметрів каскадної САК почнемо з дослідження допоміжного (внутрішнього) регулятора, функція передачі якого у загальному має такий вигляд:

$$W_e''(p) = W_1(p) + W_0(p) \cdot W_p^3(p).$$

де $W_0(p)$ - функція передачі за основним каналом регулювання:

$$W_0(p) = \frac{1}{13,017p^2 + 7,795p + 1}.$$

$W_1(p)$ - функція передачі за допоміжним каналом регулювання:

$$W_1(p) = \frac{1}{2,091p^2 + 4,698p + 1}.$$

$W_p^3(p)$ - функція передачі основного (зовнішнього) регулятора.

Вважатимемо на першому кроці, що основний (зовнішній) регулятор являтиметься від'ємний, а саме $W_p^3(p) = 0$. В такому випадку еквівалентна схема такого регулятора матиме такий вигляд:

$$W_e''(p) = W_1(p).$$

Визначення оптимальних параметрів ПІ-регулятора здійснимо за допомогою вбудованої функції Tune у програмному середовищі Matlab. Відповідно до додатку Б2 отримано: $K_p = C_1 = 5,52140$, $K_i = C_0 = 1,35390$.

З урахуванням вищенаведеного одержимо:

$$W_p^e(p) = 5,5214 + \frac{1,3539}{p}.$$

Функція передачі основного (зовнішнього) регулятора є такою:

$$W_e'(p) = \frac{W_p^e(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_p^e(p)} W_0(p). \quad (3.4)$$

Виконавши деякі перетворення одержимо таку функцію передачі:

$$W_e'(p) = \frac{11,54524740p^3 + 28,77054210p^2 + 11,88202220p + 1,3539}{27,218547p^5 + 77,4532110p^4 + 123,60097380p^3 + 73,15602930p^2 + 17,0750505p + 1,3539}.$$

Визначення оптимальних параметрів ПІ-регулятора здійснимо за допомогою вбудованої функції Tune у програмному середовищі Matlab. Відповідно до додатку Б3 отримано:

$$W_p^3(p) = \frac{1,4673p + 0,98613}{p}.$$

Знайдемо еквівалентну передавальну функцію каскадної САК:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{W_p^3(p)W_0(p)W_p^e(p)}{W_p^3(p)W_0(p)W_p^e(p) + W_1(p)W_p^e(p) + 1}. \quad (3.5)$$

Виконавши деякі перетворення одержимо таку функцію передачі каскадної САК:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{16.94p^4 + 53.6p^3 + 45.81p^2 + 13.7p + 1.33}{27.22p^6 + 77.45p^5 + 140.54p^4 + 126.76p^3 + 62.88p^2 + 15.058p + 1.33}.$$

						БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
							36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3.3 Дослідження стійкості одноконтурної САК

Відповідно до суті критерію Михайлова САК, котра описується деяким рівнянням, що має n -ний порядок являється стійкою у тому випадку, якщо годограф Михайлова поступово проходить n квадрантів.

У нашому випадку характеристичне рівняння має такий вигляд:

$$F(p) = 13,0170p^3 + 7,7950p^2 + 2,45630p + 0,273340.$$

Прирівнюємо отриманий поліном до нуля:

$$13,0170p^3 + 7,7950p^2 + 2,45630p + 0,273340 = 0.$$

Виконаємо заміну $p = j\omega$:

$$-13,0170j\omega^3 - 7,7950\omega^2 + 2,45630j\omega + 0,273340 = 0.$$

З останнього рівняння виділимо дійсну а також уявну частини:

$$P(\omega) = -7,7950\omega^2 + 0,273340;$$

$$Q(\omega) = -13,0170\omega^3 + 2,45630\omega.$$

З метою відтворення годографа Михайлова скористаємося програмним продуктом Mathcad, а результати наведемо у додатку В1. Із отриманих результатів можемо побачити, що годограф Михайлова проходить три квадранти, що повністю задовольняє умови даного критерію. Отже одноконтурна САК являється стійкою.

3.4 Дослідження стійкості каскадної САК

Характеристичний поліном каскадної САК має такий вигляд:

$$F(p) = 27,220p^6 + 77,450p^5 + 140,540p^4 + \\ + 126,760p^3 + 62,880p^2 + 15,0580p + 1,330.$$

Прирівнюємо отриманий поліном до нуля:

$$27,220p^6 + 77,450p^5 + 140,540p^4 + \\ + 126,760p^3 + 62,880p^2 + 15,0580p + 1,330 = 0.$$

Виконаємо заміну $p = j\omega$:

$$-27,220\omega^6 + 77,450j\omega^5 + 140,540\omega^4 - \\ - 126,760j\omega^3 - 62,880\omega^2 + 15,0580j\omega + 1,330 = 0.$$

						БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
							37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

З останнього рівняння виділимо дійсну а також уявну частини:

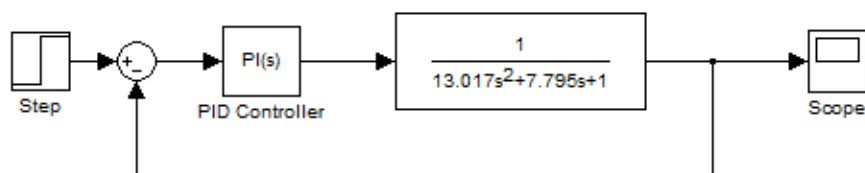
$$P(\omega) = 1.330 - 62.880\omega^2 + 140.540\omega^4 - 27.220\omega^6;$$

$$Q(\omega) = 15.0580\omega - 126.760\omega^3 + 77.450\omega^5.$$

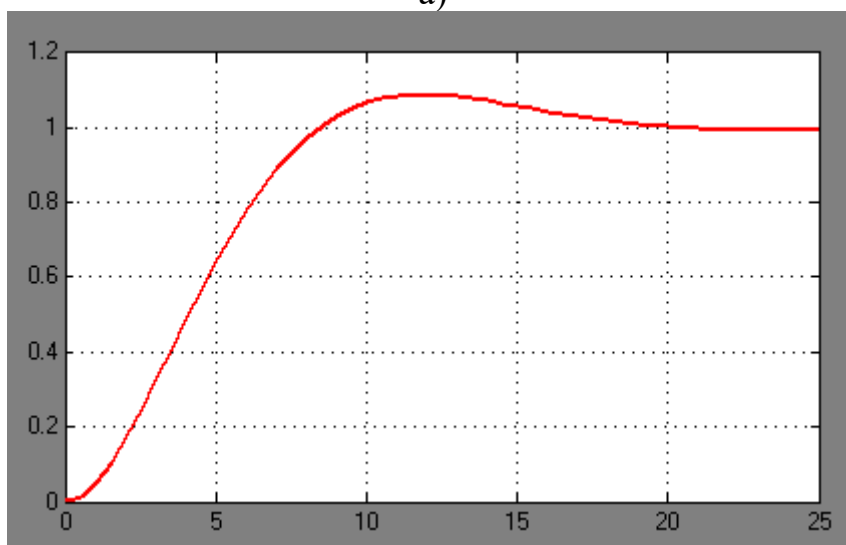
З метою відтворення годографа Михайлова скористаємося програмним продуктом Mathcad, а результати наведемо у додатку В2. Із отриманих результатів можемо побачити, що годограф Михайлова послідовно проходить шість квадрантів, що у повній мірі задовольняє умови даного критерію. Отже каскадна САК являється стійкою.

3.5 Дослідження якісних показників САК за перехідними характеристиками

З метою оцінки якісних показників перехідного процесу одноконтурної САК виконаємо побудову перехідної характеристики. Виконаємо таку побудову за допомогою використання програмного продукту Matlab, а зокрема його компоненту Simulink (рис. 3.3 а та б).



а)



б)

а - модель одноконтурної САК; б - графік перехідного процесу

Рисунок 3.3 - Побудова перехідної характеристики

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- перерегулювання: $\delta = 10,0\%$;

Висновки до розділу

Проведено ґрунтовний аналіз існуючих САК в результаті чого вибрано одноконтурну та каскадну. Визначено оптимальні параметри налаштування регуляторів для вибраних САК. Розроблені САК перевірено на стійкість, а також визначено якісні показники таких систем.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗВИТОК САК НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В теперішній час створення сучасних систем автоматичного управління реалізується при застосуванні адаптивних інтелектуальних систем керування, процес функціонування котрих неможливий без використання промислових комп'ютерів, мікроконтролерів, а також широкого набору модулів введення/виведення.

Сучасна система управління технологічним процесом, яка широко використовує засоби автоматизації представляє собою багатоступеневу людино-машинну систему керування. Побудова автоматизованої системи управління (АСУ) виконується за допомогою використання автоматичних систем для збору, а також обробки даних, котрі постійно удосконалюються.

SCADA-система представляє собою певний пакет програм, які призначені для забезпечення стабільної та ефективної роботи систем збору, обробки, а також архівування інформації у реальному часі.

SCADA-система зазвичай являється частиною автоматизованої системи управління та використовується фактично у всіх галузях промисловості, де потрібний операторський контроль задіяних виробничих процесів в реальному часі.

На першому кроці створення проекту SCADA-системи установки екстракції ароматичних вуглеводнів необхідно створити проект у базі каналів. Потрібно створити абсолютно новий вузол MBP, у котрому потрібно прописати усі необхідні канали. На другому кроці потрібно створити графічне представлення SCADA-системи у редакторі, який призначений для представлення даних (рис. 4.1), у котрому за допомогою статичних, а також побудованих динамічних об'єктів відбувається формування візуального зображення SCADA-системи.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

5.1 Розробка структурної схеми управління об'єктом

Процес автоматизації промислових виробництв розвивається темпами, що все більш прискорюються: збільшується кількість «інтелектуальних» кінцевих пристроїв, росте число залучених в процеси контролю і управління технологічним процесом обчислювальних систем на базі мікроконтролерів. У цих умовах істотно зростає роль даних, що збираються на всіх рівнях АСУ ТП.

Вимоги, що пред'являються з боку споживачів цієї інформації, все більш посилюються в частині об'єму, швидкості і надійності отримання даних, тому питання забезпечення комунікацій стають високопріоритетними.

Протягом багатьох років системи обміну даними будувалися за традиційною централізованою схемою, в якій був один могутній обчислювальний пристрій а також досить величезна кількість кабелів, за допомогою використання яких здійснювалося підключення кінцевих пристроїв (давачів і виконавчих механізмів). Така структура диктувалася високою ціною електронно-обчислювальної техніки і відносно досить низьким забезпеченням автоматизацією виробництва. На теперішній день у зазначеного підходу майже не має прихильників. Саме такі недоліки централізованих АСУ ТП, як великі витрати на кабельну мережу і допоміжне устаткування, складний монтаж, низька надійність і складна переконфігурація, зробили їх у досить багатьох випадках майже неприйнятними економічно та технологічно.

В умовах бурхливого виробництва мікропроцесорних пристроїв, що росте, альтернативним рішенням стали цифрові промислові мережі (ЦПМ), що складаються з багатьох вузлів, обмін між якими проводиться цифровим способом. На сьогоднішній день на ринку представлена близько сотні різних типів ЦПМ, вживаних в системах автоматизації. Технічні і вартісні відмінності цих систем настільки великі, що вибір рішення, оптимально відповідного для потреб конкретного виробництва, є непростим завданням.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні характеристики ЦПМ. Підкреслимо дві особливості сучасних ЦПМ - розподілений характер «інтелекту» і цифровий спосіб обміну даними між вузлами мережі. Вузли ЦПМ розташовуються максимально близько до кінцевих пристроїв, завдяки такому впровадженню довжина наявних аналогових ліній скорочується до певного мінімуму. Кожен вузол ЦПМ є «інтелектуальним» пристроєм і виконує декілька функцій:

- прийом команд і даних від інших вузлів ЦПМ;
- зняття даних з підключених задавачів;
- оцифровка одержаних даних;
- відпрацювання технологічного алгоритму;
- видача керуючих дій, на підключені виконавчі механізми за допомогою команди іншого вузла або згідно технологічному алгоритму;
- передача накопиченої інформації на інші вузли ЦПМ.

Переваги ЦПМ в порівнянні з централізованими системами можна поділити на дві категорії. Перехід на цифрову передачу даних означає можливість заміни кілометрів дорогих кабелів на декілька сотень метрів дешевої витої пари. Економічний ефект від скорочення витрат на тонни міді і допоміжне устаткування (кабельні канали, клеми, шафи) добре прораховується і є очевидний.

ЦПМ забезпечують додаткові переваги за такими показниками, як надійність, гнучкість і ефективність, що є прямим наслідком їх децентралізованої структури.

Перш за все, слід зазначити інформаційні можливості цифрового каналу передачі даних. Якщо раніше по одній парі проводів можна було одержати тільки одне-єдине поточне значення вимірюваної величини або, навпаки, передати виконавчому механізму одну команду, то тепер кількість передаваних даних залежить тільки від «інтелектуальних» можливостей кінцевих пристроїв. Що особливо важливе, інформаційний канал стає двонаправленим. Найбільш важливим практичним наслідком цієї обставини є можливість здійснення віддаленої параметризації і калібрування кінцевих пристроїв. Наявність єдиної

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бази параметрів, обслуговування всіх підключених до ЦПМ кінцевих пристроїв з одного робочого місця свідчить про настання нової ери в роботі служби КІП підприємства, виводячи цю службу на абсолютно інший рівень оперативності і ефективності. Швидка установка граничних рівнів і режимів роботи дає можливість гнучко управляти виробничим процесом, перенастроювати його згідно змінним умовам і завданням. Тільки застосування цифрових методів передачі даних дозволяє використовувати на повну потужність можливості сучасних давачів і виконавчих механізмів.

Окрім «кількісної» складової нової концепції інформаційного обміну, слід зазначити якісно нові можливості, що надаються вузлам ЦПМ. Існують три основні режими обміну даними, ефективність використання яких залежить від конкретного завдання:

- Режим «Ведучий-ведений». У цьому простому режимі один з вузлів ЦПМ є провідним пристроєм, який послідовно опитує підлеглі вузли. Залежно від змісту запиту ведений вузол або виконує одержану команду, або передає ведучому поточні дані з підключених кінцевих пристроїв. Типовим прикладом ЦПМ, побудованою на такому принципі, є мережі PROFIBUS. Як правило, ведучий і ведений закріплюються жорстко і не міняються в процесі функціонування мережі.

- Режим «Клієнт-сервер». Даний режим має багато спільного з попереднім і використовується в системах з гнучким розподілом функцій. Вузол клієнт запитує дані, а вузол сервер їх надає. При цьому клієнт може запрошувати декілька вузлів, а сервер - мати декілька клієнтів. Також функції клієнта і сервера можуть поєднуватися на одному вузлі. Прикладом може послужити ЦПМ Foundation Fieldbus.

- Режим «Підписка». У цьому режимі вузол, що потребує регулярного надходження якої-небудь інформації, підписується на її отримання від іншого вузла, після чого одержує регулярні розсилки даних без додаткових запитів. Режим має два варіанти: у першому випадку дані передаються циклічно з певним інтервалом незалежно від динаміки інформації; у другому випадку дані

					БР.АКІП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передаються тільки у разі їх зміни. Даний режим також використовується в мережах Foundation Fieldbus.

Одним з основних критеріїв оцінки систем АСУ ТП є надійність. Поняття це в розподілених системах дуже широке і вимагає уважного розгляду. Для АСУ ТП, створюваних на базі ЦПМ, слід зазначити декілька моментів:

- За надійністю цифровий метод передачі даних являється набагато кращим за аналоговий. Передача інформації у цифровому вигляді являється малочутливою до перешкод та відповідно гарантує доставку інформації завдяки вбудованим в протоколи ЦПМ механізмам контрольних сум, квантування і повтору спотворених пакетів даних.

- Надійність функціонування систем АСУ ТП на базі ЦПМ з інтелектуальними вузлами значно вище, ніж в традиційних структурах, оскільки вихід з ладу одного вузла не впливає або впливає трохи на відпрацювання технологічних алгоритмів в решті вузлів. Важливо також відзначити, що розумний розподіл функцій, що управляють, значно знижує навантаження на центральну ЕОМ, що управляє, що також сприяє підвищенню надійності системи в цілому.

- Важливою проблемою є захист ЦПМ від пошкодження кабельної мережі, особливо в тому випадку, якщо його топологія має вид шини. Для критично важливих технологічних ділянок це завдання повинне вирішуватися дублюванням ліній зв'язку або наявністю декількох альтернативних шляхів передачі інформації.

Системи АСУ ТП рідко робляться раз і назавжди. Як правило, їх склад і структура схильні до корекції через вимоги виробництва, що часто змінюються. Тому важливими критеріями оцінки рішень, що закладаються в проект, є гнучкість і модифікується комплексу. За цими показниками ЦПМ, поза сумнівом, набагато перевершує традиційну централізовану схему: додавання або видалення окремих точок введення-висновку і навіть цілих вузлів вимагає мінімальних монтажних робіт і може проводитися без зупинки системи автоматизації. Конфігурація системи здійснюється на рівні програмного забезпечення і також займає мінімальний час. Інша проблема, пов'язана з розвитком системи АСУ ТП, полягає

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в необхідності застосовувати устаткування різних виробників. На ранніх етапах розвитку ЦПМ питання сумісності протоколів, закладених в інтелектуальні крайові пристрої, стояло дуже гостро. Зараз практично всі широко поширені рішення в цій сфері стандартизовані, що дозволяє розробникам АСУ ТП вибирати устаткування з широкого спектру постачальників, оптимізуючи вартість проекту і його технологічну структуру.

Під структурою системи управління у загальному розуміється деяка сукупність частин розробленої автоматичної системи керування, на котрі дана система може бути розділена за деяким визначеним признаком, а також певні шляхи передачі взаємодії між ними. Графічне представлення структури системи управління називають структурною схемою, яка представляє собою основний проектний документ тому, що ним зазначаються деякі оптимальні канали адміністративно-технічного а також оперативного управління установкою з метою досягнення деяких високих експлуатаційних показників.

Призначенням структурної схеми являється визначення системи контролю та управління керованим об'єктом і встановити взаємні зв'язки між щитом і оперативними робочими постами основних груп технологічного обладнання, та показати адміністративно-технічну сутність централізованого керування об'єктом.

Систему автоматичного керування технологічним процесом а також збором даних розробляємо за допомогою використання таких вимог:

- розроблена система має забезпечити взаємодію (у реальному часі), оператора та обслуговуючого персоналу із технологічним процесом та обладнанням яке автоматизоване та яке використовується у технологічному процесі;

- розроблена система має забезпечувати коректну видачу інформації за деякий період до початку спостереження а також інформації, що потрібна для архівування а також забезпечення безпечного управління.

Створювану систему можна розглядати як систему, яка складається з 4-х рівнів керування:

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- рівень 0;
- рівень 1;
- рівень 2;
- рівень 3.

Рівень 0 - це рівень засобів автоматики, встановлених на близькій відстані (або вмонтованих) до технологічного обладнання. Він включає у свій склад місцеві вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, давачі і виконавчі пристрої.

Обладнання польового рівня забезпечує передачу на вищі рівні інформацію про хід технологічного процесу, про стан систем і механізмів, про величини вимірюваних параметрів, а також забезпечує виконання команд керування.

Рівень 1 - це рівень апаратних засобів контролю і керування на базі програмованих логічних контролерів (PLC).

Обладнання рівня 1 забезпечує прийом інформації (цифрової і аналогової) про стан технологічного процесу, систем і механізмів, про величини вимірюваних параметрів, оброблення цієї інформації згідно з програмою, видачу сигналів керування, а також передачу всієї інформації на рівень 2 і вищий.

Обладнання і програмне забезпечення рівня 1 дозволяє вести технологічний процес без участі засобів рівня 2 і вищого (при нормальній роботі та у випадку будь-яких відмов на цих рівнях).

Рівень 2 (рівень «інтерфейс людина-машина» - Human Machine Interface (HMI) - це рівень оброблення і візуалізації технологічної інформації та диспетчерського керування. Верхній рівень створений на базі персонального комп'ютера та написаної SCADA-системи.

Обладнання рівня 2 забезпечує приймання інформації про хід технологічних процесів, про стан систем і механізмів, про величини вимірюваних параметрів. Обладнання цього рівня забезпечує оброблення інформації та представлення її на екрані операторської станції. Обладнання рівня 2 надає можливість оператору дистанційно керувати технологічним процесом.

Рівень 3 - це рівень віддаленого керування технологічним процесом.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Віддалене керування забезпечує передачу даних і відображення інформації про стан лабораторної установки на комп'ютерах які безпосередньо не зв'язані апаратурою з рівнем 1. Дані які отримують віддалені комп'ютери відсилаються з комп'ютера, на якому встановлений OPC-сервер фірми Мікрол. Віддалені станції управління є клієнтами основної станції, яка розміщена в безпосередній близькості від об'єкта керування. На рисунку 5.1 запропонована структура системи управління, яка забезпечує надійність та оперативність системи керування.

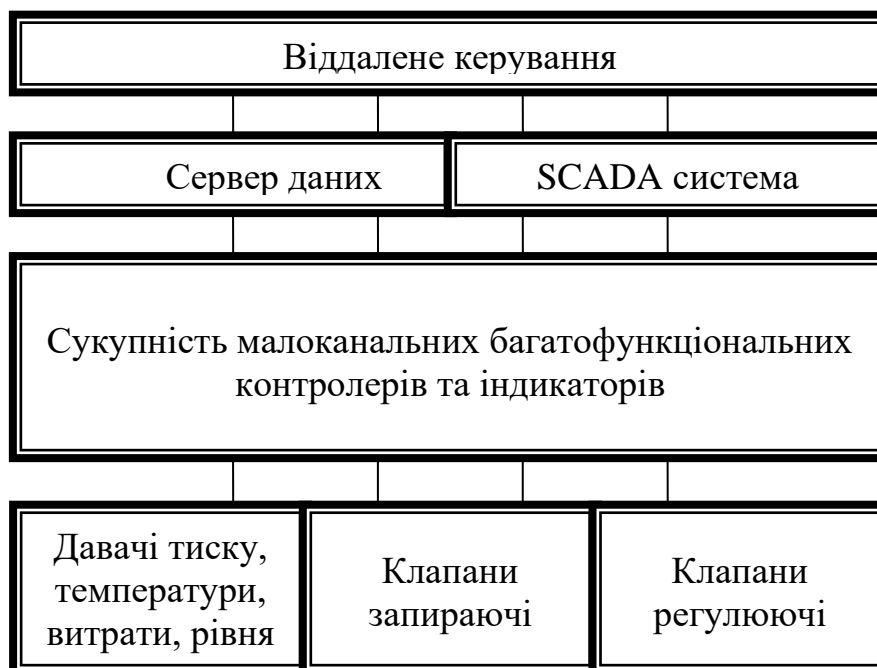


Рисунок 5.1 - Структура схеми ієрархії управління технологічним об'єктом

Система, побудована за такою схемою, дає змогу легко вирішувати оптимальний рівень централізованого управління із певною мінімальною кількістю технічних засобів контролю, управління а також ліній зв'язку між ними.

5.2 Вибір засобів автоматизації

Система автоматизації технологічних процесів повинна будуватися на засобах автоматизації які серійно випускаються. При цьому необхідно прагнути до використання однотипних засобів автоматизації. Використання однотипної апаратури дає достатньо суттєві переваги при монтажі і наладці і експлуатації.

В якості локальних засобів збору і накопичення первинної інформації (давачів), вторинних приладів, регулюючих і виконавчих пристроїв слід

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати переважно прилади і засоби автоматизації ГРС.

Система контролю і керування установкою екстракції ароматичних вуглеводнів включає в себе комплекс технічних засобів автоматизації і щит керування.

До технічних засобів відносяться: КВП, запірні - регулюючі і допоміжні пристрої, КВП температури, тиску, рівня, витрати, якісного складу тощо, вибрані у відповідності з технологічними параметрами установки.

Вибір засобів вимірювання здійснюється за класом точності приладу за діапазоном вимірювання. Для витратомірів змінного перепаду тиску вимірювальна величина повинна знаходитись у другій половині шкали. Для всіх приладів граничні значення шкали повинні перевищувати екстремальні значення вимірювальної величини на величину, яка не менше допустимої похибки.

Вибір технічних засобів автоматизації здійснюється, виходячи із таких вимог:

- вимірювання тиску здійснюється з приведеною похибкою приблизно $\pm 1,15\%$, а сигналізації з похибкою - $\pm 2,5\%$;
- вимірювання температури здійснюється із допустимою похибкою - $\pm 30^\circ\text{C}$;
- вимірювання рівня повинно здійснюватися із приведеною похибкою $\pm 3\%$, а сигналізації з похибкою $\pm 4\%$;
- вимірювання витрати повинно здійснюватися із приведеною похибкою приблизно $\pm 2,5\%$.

Виходячи з вище сказаного вибираємо такі засоби автоматизації для контролю:

- температури - термоопору типу ТСМ-100М;
- тиску- перетворювачі тиску типу Сапфір-22ДИ-2161;
- витрати - перетворювач витрати SCM 3000PLUS серія М;
- рівня - в колонах тарілчатого типу - перетворювач гідростатичного тиску Сапфір-22ДГ 2530, а в ємностях і відстійниках - перетворювач рівня ультразвуковий SITRANS LR;

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вмісту води - промисловий водоаналізатор фірми Honeywell H2Oil.

В якості вторинних приладів використовуємо мікропроцесорні регулятори МІК-51 і індикатори ІТМ-22 фірми МІКРОЛ.

5.2.1 Вибір контролера

Контролер являється одним із важливих елементів у спроектованій системі автоматичного керування. У якості контролера застосуємо багатофункціональний мікропроцесорний контролер МІК-51.

Контролер МІК-51 (рис. 5.2) призначається для автоматичного регулювання, а також логічного керування різноманітних технологічних процесів. Контролери даного класу призначаються для застосування у енергетичній, електротехнічній, хімічній, харчовій, цементній, металургійній, скляній, а також багатьох інших галузях промисловості.



Рисунок 5.2 - Фасадний вигляд контролера МІК-51

Архітектура контролера дає можливість ручного та автоматичного включення, відключати та переключати і реконфігурувати задіяні контури автоматичного регулювання. Усі задіяні операції виконуються абсолютно незалежно від складності структури системи автоматичного керування. У поєднанні із наявною обробкою аналогових сигналів мікропроцесорний контролер МІК-51 забезпечує виконання логічного перетворення сигналів та вироблення не тільки аналогових або імпульсних, але ще й дискретних команд керування.

										Арк.
										51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МІК-51 містить на своїй панелі засоби для оперативного керування, котрі розміщені на лицьовій панелі мікропроцесорного контролера. Такі засоби дозволяють ручну зміну режимів роботи, установлювати необхідні завдання, керувати проходженням виконання програми, дає можливість ручного керування виконавчими пристроями, а також контролювати сигнали та реєструвати виникаючі помилки. Засоби для оперативного управління наведені на рисунку 5.3.

Аналогові та дискретні датчики, а також виконавчі пристрої підєднуються до мікропроцесорного контролера МІК-51 за допомогою окремих кабельних зв'язків. Сигнали всередині контролера обробляються у цифровому вигляді.



Рисунок 5.3 - Загальний вигляд елементів оперативного управління

У склад мікропроцесорного контролера МІК-51 входить центральний мікропроцесорний блок та клемно-блочний з'єднувач. Найважливий центральний мікропроцесорний блок забезпечує перетворення аналогової та дискретної інформації в цифрову форму і здійснює обробку цифрової інформації та виробляє необхідні керуючі впливи.

МІК-51 являє собою проектно-компонований виріб, котрий надає можливість користувачу вибирати усі необхідні комплекти модулів розширення, а також блоків відповідно до кількості та виду вхідних та вихідних сигналів. Склад а також ряд параметрів вибираються споживачами та вказуються у листі замовлення.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.2 Вибір індикатора

З метою індикації вибраних технологічних параметрів використовуватимемо мікропроцесорні індикатори ІТМ-22У, котрі відображатимуть параметри вимірювання на своєму цифровому табло, здійснюватимуть сигналізацію параметрів вимірювання, а також забезпечують пересилання інформації на ПК з метою її реєстрації. ІТМ-22У зображений на рисунку 5.4.



Рисунок 5.4 - Мікропроцесорний індикатор ІТМ-22У

Мікропроцесорний індикатор ІТМ-22У володіє такими характеристиками:

- Може виконувати такі функції:
 - Працює з датчиками уніфікованих струмових сигналів та датчиками температури.
 - Індикує два параметри із уставками сигналізації мінімум та максимум.
 - Забезпечує керування двопозиційним, а також трипозиційним навантаженням.
 - Двопозиційне чи трипозиційне регулювання різноманітних параметрів, фізичне значення котрих можна перетворити в універсальний сигнал.
- Сфера застосування:
 - системи цифрової індикації вибраних технологічних параметрів;
 - системи промислової автоматизації;
 - пристрої зв'язку з індикацією;

						БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
							53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- диспетчерський контроль, збір даних, керування виробництвом;
- територіально розподілені і наявні локальні системи автоматичного керування.

- Функціональні можливості:

- індикація параметрів;
- автоматичне калібрування початку шкали, а також діапазону виміру;
- сигналізації без запам'ятовування спрацьовування та з запам'ятовуванням;
- завдання, а також сигналізація відхилення від уставок мінімум, а також максимум;
- можливість інтегрування витрати від датчика витрати;
- лінеаризація вхідних сигналів (по 16 точок);
- визначення квадратного кореня (вимірювання витрати за перепадом тиску);
- наявність чотирьох вільно-програмованих дискретних виходів;
- протокол Modbus, гальванічно розділений інтерфейс RS-485 (конфігурація, збір інформації);
- збереження параметрів у пам'яті у випадку відключення живлення;
- до 255 приладів у мережі RS-485;
- захист від помилкової зміни параметрів.

5.2.3 Вибір давачів витрати

Для вимірювання витрати використаємо витратомір SCM 3000PLUS фірми Honeywell.

Інтелектуальний масовий витратомір Кореоліса SCM 3000 PLUS фірми Хоневелл вимірює масову (вагову) і об'ємну витрати текучих середовищ з найрізноманітнішими характеристиками.

Вибрана система також може вимірювати густину та температуру рідин з метою розрахунку наявних інших параметрів технологічного процесу, наприклад об'ємної витрати, вмісту твердих тіл або одиниць щільності.

Давач витрати SCM 3000 PLUS на базі мікропроцесорів забезпечує

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

достовірні, а також точні виміри із універсальними можливостями для зв'язку та розширеного контролю за технологічним процесом.

Основними характеристиками є:

- об'ємна витрата в межах $\pm 0,3\%$;
- точність вимірів масової витрати становить $\pm 0,2\%$ (варіант $\pm 0,1\%$);
- температура вимірюваного середовища становить до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- робочий діапазон витрати 1000:1;
- імпульсний/частотний вихід або струмовий вихід;
- струмовий вихід 4...20 мА, який має протокол HART;
- інтерфейс RS 485.

Давач витрати SCM 3000 PLUS представлений на рисунку 5.5.



Рисунок 5.5 - Давач витрати SCM 3000 PLUS

Витратомір SCM 3000 PLUS формується із чутливого елемента, а також датчика. В даній роботі вибрано чутливий елемент, який має тип М, котрий має характеристики, що представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Основні характеристики чутливого елемента

Назва характеристики	Значення величини
Розмір чутливого елемента в, мм та дюймах	DN 15 (0.6"), DN8 (0.31"), DN25 (1"), DN 50 (2"), DN40 (1.5"), DN 80 (3м)
Номінальний тиск	ANSI: CI 300, CI 150, CI 600. DIN: PN 40...100. JIS: 20K, 40K, 10K, 63K. Захисна оболонка: 300 psi (варіант

	600 psi) або 40 бар (варіант 100 бар)
--	---------------------------------------

Продовження таблиці 5.1

Назва характеристики	Значення величини
Мінімальне та максимальне значення процесу вимірювання, т/год (фунт/год)	0,1 - 180,0 т/год; 220,50 - 396,90 фунт/год
Корпус та захисна оболонка	Поверхні являються стійкими до дії кислот та лугів: 8 (0.31") - 50 (2"): хімічно нікельована сталь. 80 (3"): 1.4313 сталь та алюміній із порошковим покриттям
Вимірювальні трубки	Титан Gr. 9 (DN 80). Титан Gr. 2 (DN 8-50).
Технологічні з'єднання	Різьбові, технологічні з'єднання, які являються замінними: фланці (ANSI, JIS B2210, DIN). Сантехнічні з'єднання: гігієнічна муфта DIN 11851; Tri-Clamp, муфта SMS.

5.2.4 Вибір давачів температури

З метою вимірювання значення температури використовуватимемо термоопір мідний, який має тип ТСМ-100М. Даний термоопір використовується з метою вимірювання температури наявних гарячих газових та деяких рідинних потоків температурою до 300,0 °С.

Коротка технічна характеристика приладу наведена нище:

- діапазон вимірювання температури становить від 0 °С до 300 °С;
- клас точності приладу становить 0.5;
- довжина погрузної частини становить 300 мм;
- приведена похибка знаходиться в межах $\pm 0,8\%$.

						БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
							56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



Рисунок 5.6 - Мідний термоопір типу ТСМ-100М

5.2.5 Вибір давачів рівня

З метою вимірювання значення рівня використовуватимемо якісні перетворювачі гідростатичного тиску типу Сапфір-22ДГ 2530, котрі можуть бути налаштовані на будь-який абсолютно не стандартний діапазон для вимірювання, який знаходиться у межах 4,0 - 40,0 кПа.

Коротка технічна характеристика приладу наведена нище:

- максимальне значення гідростатичного тиску становить 40 МПа;
- клас точності приладу становить $\pm 0,5\%$;
- струмовий вихід рівний 4 - 20 мА;
- температура досліджуваного вимірюваного середовища менше 300,0 °С.



Рисунок 5.7 - Перетворювач гідростатичного тиску Сапфір-22ДГ 2530

5.2.6 Вибір давачів тиску

З метою вимірювання тиску в колонах використовуватимемо перетворювачі

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиску типу Сапфір-22ДИ 2161.

Коротка технічна характеристика приладу наведена нище:

- температура вимірюваного середовища менша 300,0 °С;
- максимальний тиск рівний 4 МПа;
- клас точності знаходиться у межах $\pm 0,5\%$;
- струмовий вихід рівний 4...20 мА.



Рисунок 5.8 - Перетворювач тиску Сапфір-22ДИ 2161

5.2.7 Вибір виконавчого механізму

В якості виконавчого механізму використаємо клапан електропривідний V2001-ЕЗ.



Рисунок 5.9 - Виконавчий механізм V2001-ЕЗ

Вибір необхідних виконавчих механізмів відбувається за пропускною здатністю, максимальним тиском та за діаметром умовного проходу.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулюючі клапани для промислових хімікотехнологічних процесів та легкої промисловості, працюють із рідкими та газоподібними середовищами та із водяною парою.

V2001 вмонтований в привід типу 3372, з щільним затвором, вхідні сигнали 4...20 мА, максимальний тиск живлення <6 атм.

5.3 Технічна реалізація системи автоматизації

5.3.1 Розробка функціональної схеми

Функціональні схеми автоматизації (ФСА) має давати цілісне уявлення про досліджуваній об'єкт керування. Об'єктом керування у системах автоматизації технологічних процесів являється певна сукупність основного, а також допоміжного обладнання у поєднанні із вмонтованими у трубопроводи запірними а також регулюючими органами та наявні енергії, сировини, а також деякі інші матеріали, котрі визначаються особливостями вибраних технології. З урахуванням цього на ФСА мають бути представлені зображення усіх задіяних технологічних апаратів (теплообмінників, колон, реакторів і т.д.), трубопроводів, автоматичних пристроїв та зображені лінії зв'язку між даними апаратами.

ФСА являє собою креслення, на якому за допомогою схематичних позначень, відображені задіяні комунікації, використовуване технологічне обладнання, орган для управління об'єктом, а також такі засоби автоматизації, як давачі, вторинні прилади, виконавчі механізми, первинні перетворювані) із нанесенням між даними об'єктами ліній зв'язку.

Такі задіяні допоміжні пристрої, як автомати, реле, фільтри для повітря, редуктори, джерела живлення, вимикачі, з'єднувальні коробки та пристрої і монтажні елементи на ФСА не наводяться.

Інші засоби автоматизації, котрі розміщені за межами щитів та котрі не пов'язані безпосередньо із задіяним технологічним обладнанням або трубопроводами розміщують в прямокутнику який має напис «Прилади місцеві».

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймальні та відбірні пристрої і первинні вимірювальні перетворювачі, що вбудовуються у технологічні апарати а також трубопроводи на ФСА не наводяться.

Функціональною схемою автоматизації передбачено:

Для вимірювання витрати використовується первинний перетворювач SCM 3000PLUS серія M. Принцип дії яких оснований на зміні кореолісових сил потоку речовини. При зміні яких змінюється вихідний сигнал перетворювача.

Прилади вимірюють значення витрат та подають відповідні сигнали на вторинний приладу - регулятор МІК-51, який здійснює регулювання формуючи сигнал на виконавчі механізми. Одночасно інформація про величину витрат передається по інтерфейсу на ЕОМ для реєстрації.

Для вимірювання рівня в колонах використовуються первинні перетворювачі гідростатичного тиску типу Сапфір-22ДГ 2530 (поз. 13-а, 14-а, 15-а), електричний. Принцип дії яких оснований на тензоефекті. Чутливим елементом перетворювача являється пластина із монокристалу сапфіру, на котру нанесений напівпровідник. Дана пластина розташована у мембранному блоці. У випадку зміни рівня, змінюється пропорційно гідростатичний тиск, котрий відповідно діє на мембранний блок. Мембрана у такому випадку прогинається та відповідно передає деяке зусилля на тензодатчик, у результаті чого наявна пластина сапфіру деформується, що відповідно призводить до певної зміни опору напівпровідника. Змінюється вихідний сигнал, котрий направляється на вторинний прилад МІК-51(поз.13-б,14-б, 15-б), який показує величину рівня, формує сигнал на виконавчий механізм (поз. 13-в, 14-в, 15-в) і передає інформацію про значення рівня на ЕОМ.

Для вимірювання тиску використовується первинний перетворювач тиску який має тип Сапфір-22ДИ 2161, електричний. Принцип дії якого оснований на тензоефекті. Робота його аналогічна роботі перетворювача типу Сапфір-22ДГ 2530, що описана вище.

Для контролю температур в колонах встановлені термоперетворювачі ТСМ-

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

100М, мідні. Чутливий елемент перетворювачів представляє собою мідну спіраль, яка встановлена в металічну гільзу, зверху якої є головка з виведеними контактами.

При зміні температури змінюється електричний опір перетворювача, який підключений до вторинного приладу - регулятора МІК-51 за трьохпровідною схемою з допомогою компенсаційних провідників ПВГ 4х1.

Регулятор МІК-51 показує величину температури і формує сигнал на виконавчий механізм. Одночасно інформація про величину температури передається по інтерфейсу на ЕОМ для реєстрації.

При поступленні сигналу від регулятора на позиціонер виконавчого механізму, відповідно до сигналу регулюючий орган привідкриється або призакриється, при цьому матеріальні потоки збільшуються або зменшуються, що приведе до зміни температури (тиску, рівня, витрати).

Верхній рівень автоматизації організований з допомогою SCADA системи. Вона забезпечує відображення ходу процесу, параметрів, їхню сигналізацію, архівацію їх значень для статистики. З її допомогою можлива дистанційна зміна параметрів регуляторів і змінювати завдання по ходу процесу.

При побудові розгорнутої ФСА ми використовували такі позначення засобів автоматизації:

- вимірювання температур проводиться з використанням вищеописаних термоопорів на схемі вони позначаються кружечком з написом в ньому ТЕ з відповідними позиціями, дані прилади встановлюються по місцю;

- вимірювання витрат як масових так і об'ємних проводиться за допомогою інтелектуального витратоміра, який встановлюється по місцю і має в своїй конструкції давач і перетворювач для дистанційної передачі. Такий витратомір на схемі буде позначатись двома кругами з написами в одному FE, а в другому FT з відповідними позиціями;

- вимірювання вмісту води в розчиннику проводиться за допомогою інтелектуального аналізатора H2Oil який встановлюється по місцю і в конструкції

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

має давач і перетворювач для дистанційної передачі. Такий аналізатор на схемі буде позначатись двома кругами з написами в одному QE, а в другому QT з відповідними позиціями;

- вимірювання тиску проводиться первинним перетворювачем який буде позначаються кругом з написом PT в стрічці по місцю з відповідною позицією.

- для регулювання співвідношення мас і об'ємів використано регулятор співвідношення МІК-51, цей регулятор має також цифрове табло на якому висвічується інформація про значення технологічного параметру, і можливістю сигналізації при виході параметру за встановлені межі. Тобто цей регулятор буде позначатись на схемі кругом. В крузі перша літера параметр регулювання, а далі FFIC тобто регулювання співвідношення з індикацією. Даний регулятор встановлюється на щиті;

- для регулювання технологічних процесів також використовувались регулятори фірми Мікрол МІК-51 які мають можливість індикації, сигналізації і на схемі позначатимуться перекресленим кругом з написом в ньому перша літера - параметр, а потім ІСА: І - індикація, С - регулювання, А - сигналізація, якщо потрібна.

5.3.2 Розробка загального вигляду щита керування

Розміщення засобів контролю, а також управління технологічними процесами, пристроїв захисту, блокування, автоматизації, живлення, а також ліній зв'язку між ними являється призначенням щитів систем автоматизації.

Процес розробки загального виду щита відбувається у такій послідовності:

- 1) вибір типового щита чи пульта виходячи із числа задіяних приладів, електроапаратури, а також категорій приміщення, де саме встановлюватиметься щит;

- 2) розташування приладів, а також апаратури на змонтованих фасадних панелях та всередині щитів та пультів.

Для захисту обслуговуючого персоналу установки від потрапляння під

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпечні напруги, та відповідно попередження певних механічних пошкоджень електроапаратури в роботі вибрані щити панельні з каркасом: ЩПК 2200x800x600.

В межах від 2000,0 мм до 650,0 мм (на фронтальній панелі щита) розташована апаратура у наступній послідовності:

- на висоті 2000 мм сигнальна арматура контролю стану приводу двигунів насосів;

- на висоті 1900 - 1800 мм цифрові індикатори значень величин параметрів;

- на висоті 1700 - 11200мм цифрові регулятори;

- на висоті 950 мм кнопки управління насосами 1-8В4 -5-8В4

- на висоті 760 мм універсальні перемикачі 1-8А1 - 5-8А1;

В середині щита розміщена електроапаратура: на лівій боковій стінці розміщені: знизу клемний набір БЗ-10, вище на рівні регуляторів і індикаторів відповідно клемні набори для регуляторів і індикаторів. На середній панелі, знизу розміщені запобіжники.

5.3.3 Розробка схеми зовнішніх з'єднань та підключень

Схема зовнішніх з'єднань представляє з себе комбіновану схему, на котрій представляються усі зовнішні підключення апаратів, пультів, установки щитів, а також електричні й наявні трубні зв'язки між приладами а також засобами автоматизації, які встановлені на технологічному обладнанні, за межами щитів а також на щитах. Дана схема узгоджується із кресленням загального вигляду щита і з планом розміщення засобів автоматизації. У загальному усі схеми зовнішніх проводок мають вміщувати такі елементи: місцеві пункти контролю а також управління; з'єднуючі та протяжні коробки; підвід стиснутого повітря; позащитові прилади та засоби автоматизації; електричні та трубні проводки; основний надпис; технологічні вказівки; таблиця умовних графічних позначень та перелік кабелів, проводок і монтажної арматури.

Базовими документами в процесі проектування та функціонування являються: специфікація на обладнання і відповідні технічні засоби автоматизації;

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

схема автоматизації технологічного процесу; принципова електрична і пневматична схеми.

Схеми підключень виконуються без дотримання масштабу. На практиці використовують два варіанта проектування схем: графічний і табличний. В даному проекті ми використовуємо графічний метод, який є більш розповсюдженим.

На схемах підключень з використанням певних умовних графічних елементів наводять:

- з'єднувальні та протяжні коробки;
- захисне заземлення;
- електропроводки а також кабелі, котрі являються прокладеними за межами щитів, запірні арматури та комутаційні затискачі котрі розміщені за межами щитів;
- необхідні відбірні пристрої та первинні перетворювачі, щити а також пульти і місцеві пункти управління та контролю, позащитові прилади і засоби для автоматизації.

Шафи із усіма окремими приладами умовно позначаються в вигляді прямокутників а також кіл, у середині котрих вписано відповідні надписи.

Усі зв'язки які мають одне призначення на розроблюваних схемах підключень наводять суцільною лінією та тільки у місцях приєднання до певних приладів, а також виконавчих механізмів розрізняють, з метою приведення їхніх маркіровок.

На усіх лініях зв'язку, котрі позначають проводи а також кабелі вказуються номери проводок, марки, перерізи, довжини. У випадку виконання проводки у трубі потрібно навести характеристику труби.

На схемі під'єднання зроблено таким чином:

- наявні місця відбору рівня і тиску з'єднані із первинними перетворювачами за допомогою труб сталених безшовних ТБ14×2;
- усі перетворювачі витрати, рівня, тиску а також ВМ з'єднуються із наявними вторинними приладами за допомогою використання контрольних кабелів, які мають тип КВВБГ 4х1.5, які прокладені в коробі електричних

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводок;

- пости управління насосами Н-1 - Н-5 з'єднані із затискачами ХТ1 - ХТ2 за допомогою певних контрольних кабелів, які мають тип КВВБГ 4х1,5, та прокладаються у коробах електричних проводок;

- усе живлення до перетворювачів та виконавчих механізмів підводиться за допомогою використання кабелів які мають тип КВВБГ 4х1,5.

Схема під'єднань давачі в і виконавчих механізмів зображена на листі графічної частини.

Висновки до розділу

В даному розділі розроблено автоматичну систему керування процесом екстракції ароматичних вуглеводнів, яка включає в себе розробку структурної схеми управління, функціональної схеми автоматизації, загального виду щита, схеми зовнішніх проводок та схеми під'єднань технічних засобів автоматизації.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній роботі проаналізовано процес екстракції ароматичних вуглеводнів. Вибрано параметри контролю і регулювання та описано технологічне обладнання для проектування функціональної схеми автоматизації.

Проаналізовано існуючі автоматичні системи керування температури сировини.

В якості об'єкта регулювання температури сировини екстракції вибрано теплообмінник типу «Труба в трубі» та описано його модель за експериментальними даними, які отримані після пуску установки.

Під час дослідження об'єкта було визначено параметри налаштування регуляторів для одноконтурної та каскадної системи і проведено порівняльний аналіз перехідних процесів системи.

Спроектовано автоматизовану систему керування технологічним процесом, яка включає в себе:

- структурну схему управління процесом;
- функціональну схему автоматизації;
- схему зовнішніх з'єднань та схему під'єднань;
- загальний вигляд щита.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Когутяк, М. І. Автоматизація технологічних процесів [Текст] : лабораторний практикум. Ч. 1 / М. І. Когутяк. – 2-е вид. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. – 62 с.

2. Когутяк, М. І. Виконавчі пристрої систем керування в нафтогазовій промисловості [Текст] : навч. посіб. / М. І. Когутяк. – Івано-Франківськ : Факел, 2015. – 228 с.

3. Когутяк, М. І. Сучасні комп'ютерні технології в автоматизації [Текст] : навч. посіб. Ч. 1 : Автоматизовані системи керування технологічними процесами нафтогазової галузі / М. І. Когутяк. – Івано-Франківськ : Факел, 2015. – 278 с.

4. Когутяк, М. І. Технічні засоби автоматизації [Текст] : навч. посіб. / М. І. Когутяк. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ Факел, 2015. – 212 с.

5. Семенцов Г. Н., Горбійчук М. І., Жуган Л. І., Чеховський С. А. Автоматизація процесів переробки нафти і газу. Львів, 1992. 268 с.

6. Борин, В. С. Автоматичне управління [Текст]: лаб. практикум / В. С. Борин. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – 103 с.

7. Борин, В. С. Автоматизація технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості [Текст] : лабораторний практикум / В. С. Борин. – 2-ге вид. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. – 61 с.

8. Семенцов, Г. Н. Теорія автоматичного керування [Текст] : курсове проектування / Г. Н. Семенцов, В. С. Борин, Р. М. Лещій. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 23 с.

9. Семенцов, Г. Н. Теорія автоматичного керування [Текст]: практикум / Г. Н. Семенцов. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2010. – 87 с.

					БР.АКП-58.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А1

Апроксимація V1.0.

Поліном знаменника N
 Поліном чисельника M
 Вхідне збурення X_0

Крок дискретності T
 Кількість дискрет переходної x -ки NK

t,с	y(t)	h(t)	$\delta(t)$
0	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,4350	0,4440	0,0090
6	0,7180	0,7280	0,0100
9	0,8580	0,8660	0,0080
12	0,9400	0,9340	0,0060
15	0,9750	0,9680	0,0070
18	0,9860	0,9840	0,0020
21	0,9880	0,9920	0,0040
24	0,9970	0,9960	0,0010
27	0,9990	0,9980	0,0010
30	1,0000	0,9990	0,0010

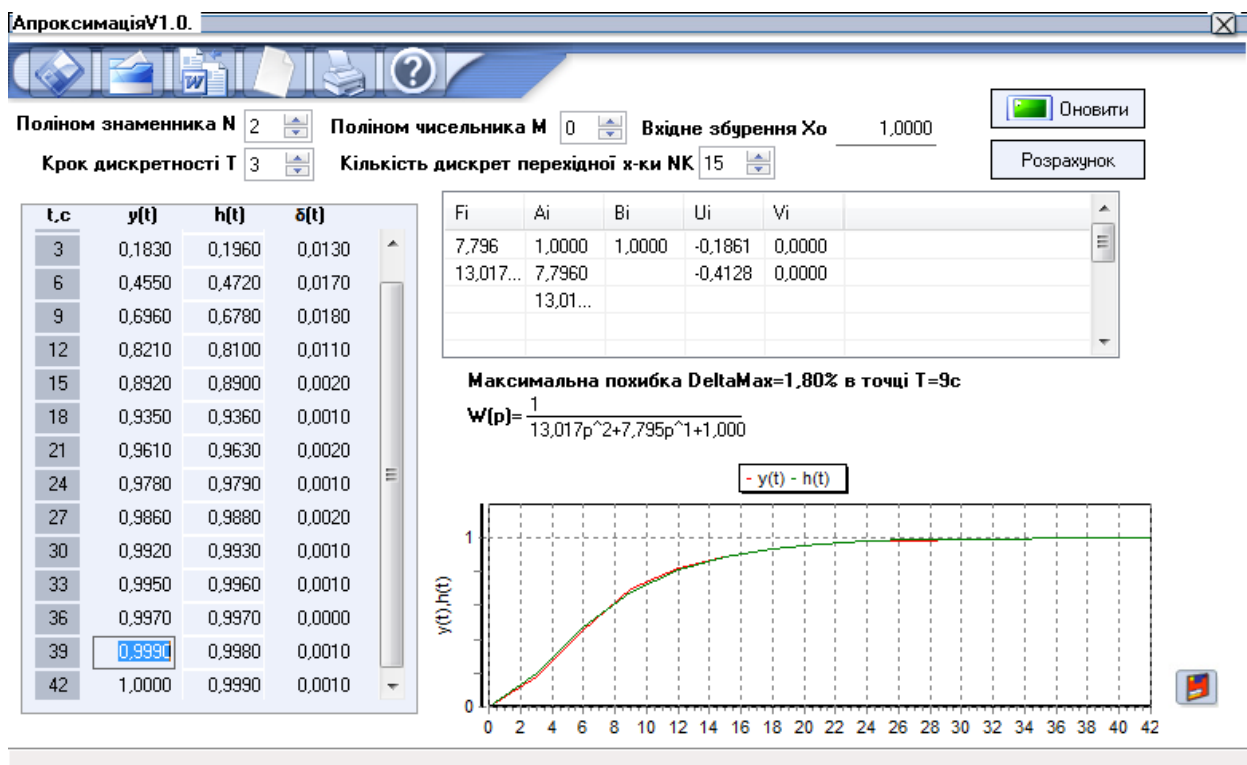
Fi	Ai	Bi	Ui	Vi
4,698	1,0000	1,0000	-0,2381	0,0000
2,0912...	4,6980		-2,0085	0,0000
	2,0912			

Максимальна похибка $\Delta_{\max}=1,00\%$ в точці $T=6\text{с}$

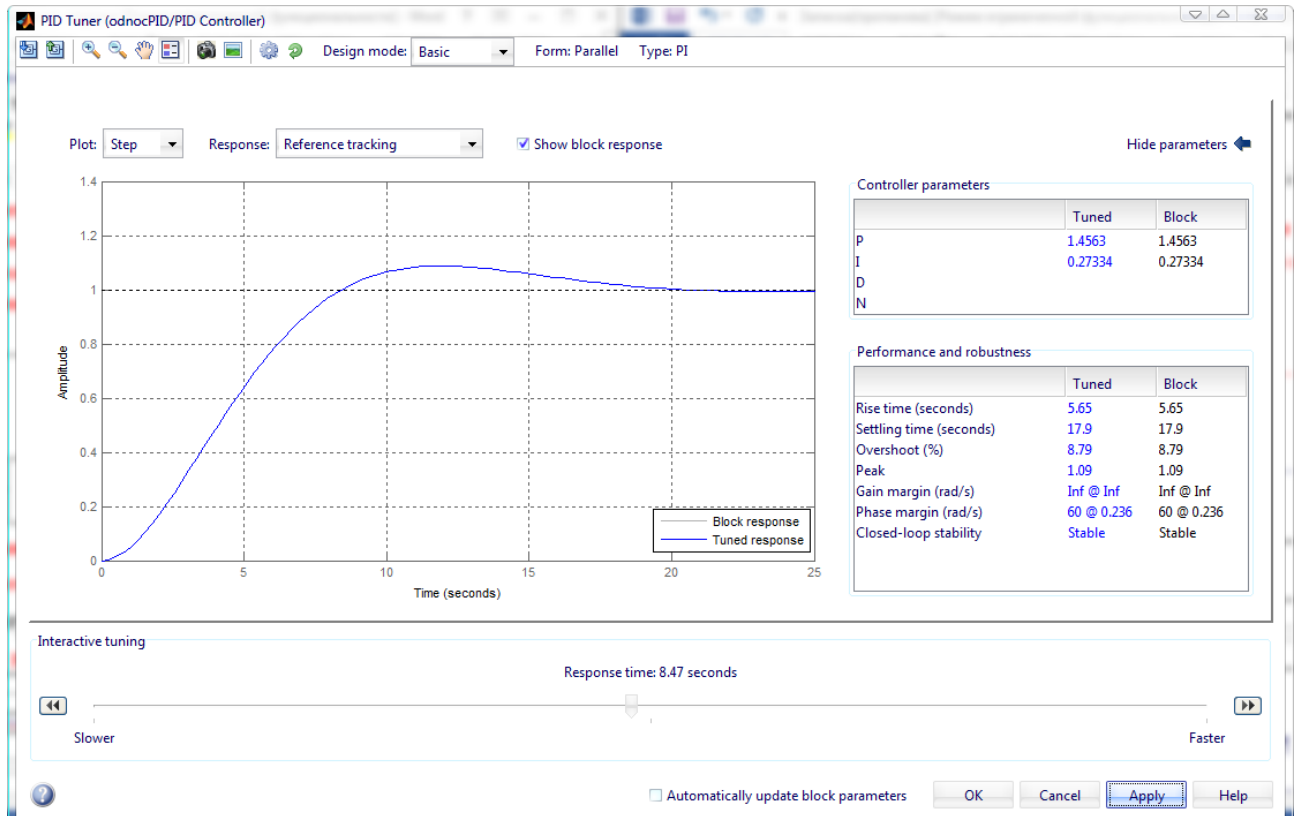
$$W(p) = \frac{1}{2,091p^2 + 4,698p + 1,000}$$

- y(t) - h(t)

Додаток А2



Додаток Б1



Додаток Б2

PID Tuner (untitled/PID Controller)

Design mode: Basic Form: Parallel Type: PI

Plot: Step Response: Reference tracking Show block response Hide parameters

Controller parameters

	Tuned	Block
P	5.5214	5.5214
I	1.3539	1.3539
D		
N		

Performance and robustness

	Tuned	Block
Rise time (seconds)	1.16	1.16
Settling time (seconds)	3.74	3.74
Overshoot (%)	8.94	8.94
Peak	1.09	1.09
Gain margin (rad/s)	Inf @ Inf	Inf @ Inf
Phase margin (rad/s)	60 @ 1.14	60 @ 1.14
Closed-loop stability	Stable	Stable

Interactive tuning

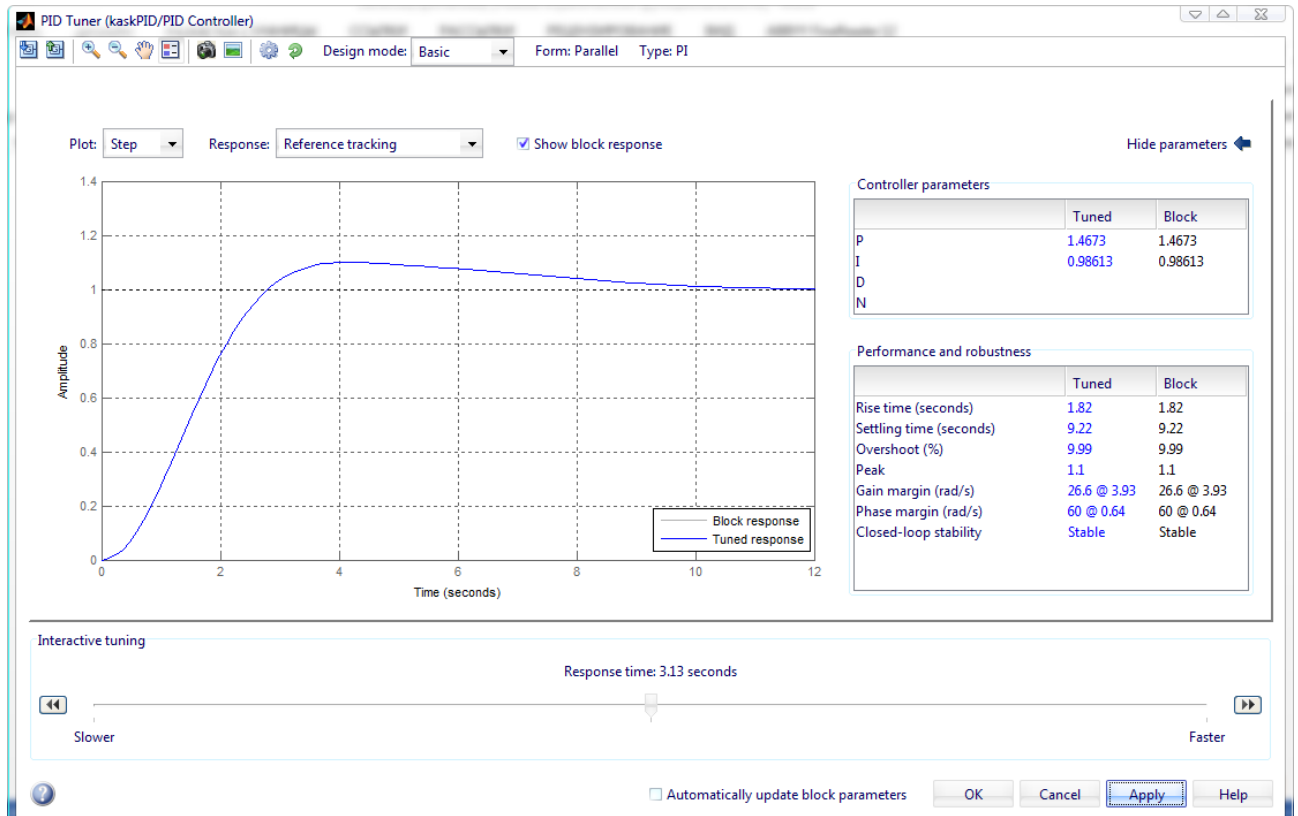
Response time: 1.75 seconds

Slower Faster

Automatically update block parameters

OK Cancel Apply Help

Додаток БЗ

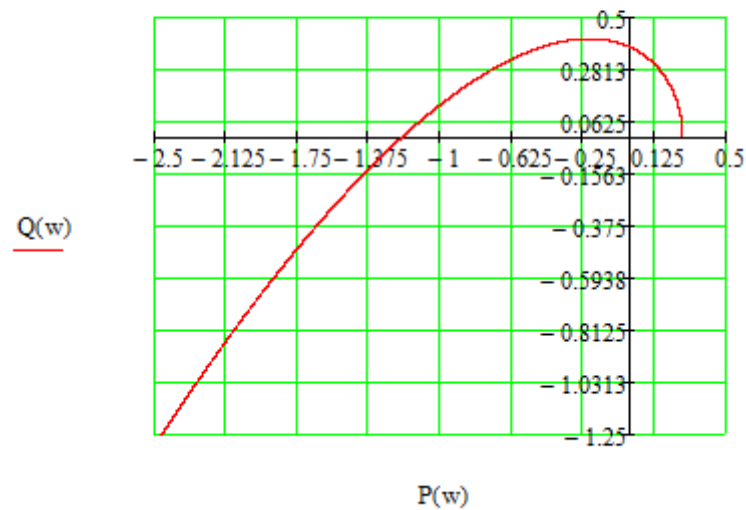


Додаток В1

$$P(w) := -7.795 \cdot w^2 + 0.27334$$

$$Q(w) := -13.017 \cdot w^3 + 2.4563 \cdot w$$

$$w := 0, 0.0001.. 30$$



Додаток В2

$$P(w) := -27.22 \cdot w^6 + 140.54 \cdot w^4 - 62.88 \cdot w^2 + 1.33$$

$$Q(w) := 77.45w^5 - 126.76 \cdot w^3 + 15.058 \cdot w$$

$$w := 0, 0.0001 \dots 30$$

