

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ

Група АКП-23-2К

Іван Мельничук

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

Мельничук Іван Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.5: 628.53

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Удосконалення системи автоматизованого керування пиччою для спалювання

(назва роботи)

хлорорганічних залишків

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)

І.А. Мельничук

(ініціали та прізвище)

Науковий керівник

асистент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.І. Лагойда

(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**

Мельничук Іван Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення системи автоматизованого керування піччю для спалювання хлорорганічних залишків

керівник роботи Лагойда Людмила Іванівна

(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 спалювання хлорорганічних залишків як об'єкта автоматичного контролю і керування. 2. Математичне моделювання а також ідентифікація керованого об'єкта. 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-53.00.00.001;

Лист 2 - Експериментальне дослідження - БР.АКП-53.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз та синтез одноконтурної АСК - БР.АКП-53.00.00.003;

Лист 4 - Аналіз та синтез каскадної АСК - БР.АКП-53.00.00.004;

Лист 5 - Схема зовнішніх з'єднань - БР.АКП-53.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКП-53.00.00.006.

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 спалювання хлорорганічних залишків як об'єкта автоматичного контролю і керування	10.06.2025	
2	Математичне моделювання а також ідентифікація керованого об'єкта	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)

І.А. Мельничук _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Л.І. Лагойда _____
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить: 67 сторінок друкованого тексту, 20 рисунків, 7 таблиць, 10 переліків посилань на джерела і 3 додатки.

Тема: «Удосконалення системи автоматизованого керування піччю для спалювання хлорорганічних залишків».

Об'єкт дослідження: піч спалювання хлорорганічних залишків.

Мета проекту: удосконалення автоматичної системи керування процесу спалювання хлорорганічних залишків.

Методи дослідження: експериментальний метод.

Результати дипломного проектування: в даному дипломному проекті проводиться аналіз технологічного процесу спалювання хлорорганічних залишків.

Експериментальним методом досліджується піч спалювання, а також формулюється мета керування та вимоги до АСР. Здійснюється аналіз та синтез автоматичної системи керування об'єктом, розраховуються оптимальні параметри налаштування регулятора, здійснюється дослідження системи на стійкість.

Розробляється технічна документація на автоматичну систему керування.

Ключові слова: автоматичне керування, контроль, регулювання, давач, процес, стійкість, передавальна функція.

ABSTRACT

The bachelor's thesis contains: 67 pages of printed text, 20 figures, 7 tables, 10 lists of references to sources and 3 appendices.

Topic: «Improvement of the system of automated control of the furnace for incineration of organochlorine residues».

Object of research: burning stove organochlorine residues.

Aim: improvement of the automatic control system of the combustion process of organochlorine residues.

Methods: the experimental method.

Results of diploma projects: the analysis of the process of regeneration of methanol.

Experimental methods investigated burning stove, as well as formulated the goal of management and the requirements for RSA. Carried out the analysis and synthesis of automatic control system object, calculated optimal controller settings, the study carried out on the system stability.

Developed technical documentation for the automatic control system.

Keywords: Automatic control, control, adjusting, process, firmness, transmission function.

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	9
	ВСТУП.....	10
1	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СПАЛЮВАННЯ ХЛОРООРГАНІЧНИХ ЗАЛИШКІВ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....	11
	1.1 Призначення печі і суть процесу спалювання хлорорганічних залишків.....	11
	1.2 Характеристика сировини і продуктів.....	13
	1.2.1 Природній газ.....	13
	1.2.2 Дихлоретан.....	13
	1.2.3 Хлор.....	14
	1.3 Будова і робота печі для спалювання хлорорганічних залишків.....	14
	1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання.....	16
	1.5 Вибір і обґрунтування параметрів контролю та регулювання печі.....	18
	1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу.....	20
	Висновки до розділу.....	22
2	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ А ТАКОЖ ІДЕНТИФІКАЦІЯ КЕРОВАНОГО ОБ'ЄКТА.....	23
	2.1 Дослідження керованого об'єкта.....	23
	2.2 Експериментальне дослідження динаміки керованого об'єкта.....	23
	2.2.1 Визначення форми і величини збурень.....	23
	2.2.2 Обробка результатів експерименту.....	24
	Висновки до розділу.....	29

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення системи автоматизованого керування піччю для спалювання хлорорганічних залишків			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Мельничук І.А.								6	67
Перевір.		Лагойда Л.І.									
Реценз.		Чигур Л.Я.									
Н. Контр.		Кучмистенко О.В.									
Затверд.		Лагойда А.І.			ІФНТУНГ АКП-23-2К						

3	СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....	30
3.1	Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів для одноконтурної САК.....	30
3.2	Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів для каскадної САК.....	31
3.3	Дослідження стійкості одноконтурної САК.....	34
3.4	Дослідження на стійкості каскадної САК.....	34
3.5	Оцінка якісних показників систем керування.....	35
	Висновки до розділу.....	37
4	РОЗВИТОК САК НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	38
4.1	Алгоритм формування нечіткого проекту.....	38
4.2	Процес розробки нечіткого контролера.....	40
	Висновки до розділу.....	43
5	РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК.....	44
5.1	Підбір технічних засобів автоматизації.....	44
5.1.1	Вибір регуляторів.....	44
5.1.1.1	Центральний процесор Quantum.....	44
5.1.1.2	Модулі введення-виведення сигналів Quantum.....	44
5.1.1.3	Джерела живлення Quantum.....	45
5.1.1.4	Модулі інтерфейсу мережного обміну Quantum.....	45
5.1.2	Вибір давачів.....	46
5.1.2.1	Рівень.....	46
5.1.2.2	Тиск.....	47
5.1.2.3	Витрата.....	47
5.1.2.4	Температура.....	48
5.1.3	Вибір виконавчого механізму.....	49
5.2	Опис функціональної схеми автоматизації.....	50

5.3 Обґрунтування вибору і монтажу засобів автоматизації.....	53
5.4 Опис зовнішніх електричних проводок.....	57
Висновки до розділу.....	57
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	59
ДОДАТКИ	
БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА	

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ВХ - вініл хлорид.

ККД - коефіцієнт корисної дії.

АСК ТП - автоматизована система керування технологічним процесом.

КО - керований об'єкт.

ТП - технологічний процес.

ГДК - гранично допустима концентрація.

ВП - вторинні прилади.

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Захист навколишнього середовища від забруднення промисловими відходами є однією з найактуальніших загальнодержавних проблем. Ця проблема вирішується шляхом розроблення та впровадження маловідомих технологічних процесів.

Термічні методи застосовуються для знешкодження значної групи твердих, рідких і газоподібних відходів з великою кількістю компонентів і високою концентрацією органічних і мінеральних речовин. В основі термічних методів є теплова дія на відходи, при якій відбувається окислення токсичних горючих компонентів з утворенням нешкідливих, або менш шкідливих речовин.

З розвитком хлорорганічних виробництв зростає кількість токсичних відходів у вигляді рідких безводних кубових залишків з великою кількістю відходів, які не використовуються і підлягають знешкодженню. Вогневий метод є найбільш ефективним, а часто єдиною можливим термічним методом переробки хлорорганічних відходів.

Ключовим елементом ефективної технології знешкодження хлорорганічних відходів є безпосередньо сам процес горіння відходів як джерело випромінюючого газового потоку продуктів згорання.

Оптимізації процесу вогневої переробки відходів за такими якісними показниками як повнота окислення і утворення мінімальної кількості побічних токсичних речовин, в першу чергу, можлива в напрямку створення оптимальних систем контролю та керування. Рівень автоматизації процесу вогневого знешкодження відходів суттєво поступається рівню, досягнутому для інших теплотехнічних процесів, зокрема в хімічній промисловості.

Враховуючи тенденцію подальшого нарощування потужності хлорорганічних виробництв, з одного боку, і поступовий перехід до маловідомих технологій на цих виробництвах з другого боку, проблема екологічної безпеки вогневого знешкодження хлорорганічних відходів набуває все більшої ваги в загальнодержавних масштабах.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СПАЛЮВАННЯ ХЛОРОРГАНІЧНИХ ЗАЛИШКІВ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

1.1 Призначення печі і суть процесу спалювання хлорорганічних залишків

Одним із ефективних напрямків знешкодження промислових відходів є вогневий (термічний) метод. Термічні методи застосовують для знешкодження значної групи твердих, рідких і газоподібних відходів з великою кількістю компонентів і високою концентрацією органічних і мінеральних речовин. В основі термічних методів є теплова дія, відходами при якій є окислення токсичних горючих компонентів з утворенням нешкідливих, або менш шкідливих речовин.

Всі рідкі і газоподібні хлорорганічні відходи виробництва вінілхлориду (ВХ) підлягають процесу термічного знешкодження. Процес термічного знешкодження складається із двох стадій - грубого і тонкого очищення.

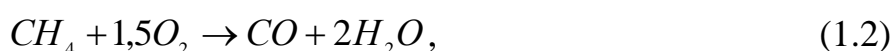
На першій стадії відбувається спалювання хлорорганічних залишків у печі. Більша частина тепла спалювання утилізується у парогенераторі з отриманням пари високого тиску.

На другій стадії димові гази із парогенератора гартуються в колоні гартування, охолоджуються в парціальному конденсаторі, потім очищуються в абсорбері і поступають у промивну колону.

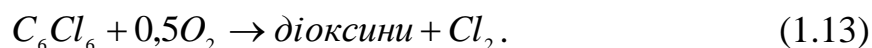
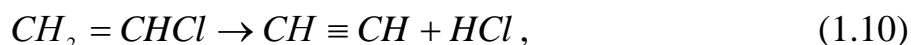
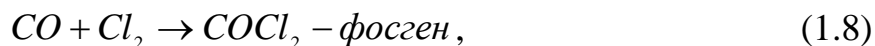
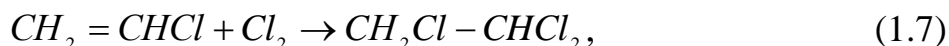
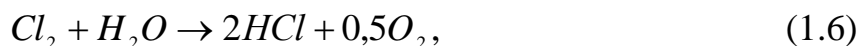
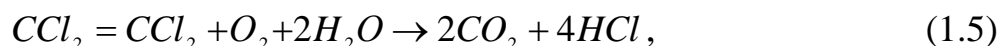
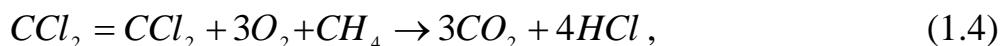
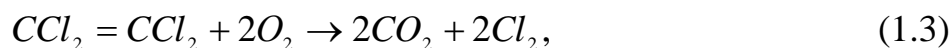
В бакалаврській роботі розглядається перша стадія термознешкодження. Основним апаратом цієї стадії є піч спалювання.

Процес спалювання хлорорганічних залишків суттєво впливає на режим роботи всіх наступних апаратів технологічного ланцюга.

Розглянемо редакції, що відбуваються при повному і не повному спалюванні хлорорганічних залишків:



					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Термодинамічний аналіз показує, що для реакцій, при яких знешкоджуються хлорорганічні залишки необхідна температура вище 1000 °С та надлишок кисню, з добавками метану та водню.

Реальні процеси некаталітичного спалювання для багатьох видів відходів потребують температури в інтервалі 1000-1600 °С і проходять при недостатчі кисню та використанні водню для підвищення температур спалювання (1.1, 1.2). Для меншої втрати енергії, відходи необхідно спалювати в спеціальному пальнику при 1400-2000 °С з використанням палива (1,2), яке в свою чергу не повністю згорає, що веде до утворення в продуктах реакції фосгену (1,2-1,8). Використання температур вище 1000 °С при недостатчі кисню, веде до піролізу. Наприклад 1,2- дихлоретан, якого міститься до 50% у хлорогранічних залишках розкладається до вінілхлориду (1.9), а потім до ацетилену (1.10), який в свою чергу веде до утворення бензолу та гексахлорбензолу (1.11-1.12). Ароматичні хлорпохідні при окисленні ведуть до утворення дуже небезпечних діоксинів (1.13).

Процес спалювання хлорорганічних залишків відбувається при високих температурах в дифузній області, де час сумішоутворення практично визначається гідродинамічними факторами і мало залежить від температури. В умовах високої

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури горіння газів протікає інтенсивно. Реакція проходить практично миттєво, тому, що ланцюгова реакція горіння з розгалуженими ланками, при якій кожна активна молекула швидко породжує ряд нових активних центрів, які різко прискорюють хід реакції.

Горіння палива - це хімічна реакція з'єднання органічних речовин з киснем. Повне згорання окремих елементів палива іде з утворенням діоксиду вуглецю, оксидів сірки і водяної пари.

При недостатній кількості кисню утворюються продукти неповного згорання - оксид вуглецю, вільний вуглець, водень.

Надлишок повітря призводить до збільшення втрат тепла, яке відходить з димовими газами.

1.2 Характеристика сировини і продуктів

1.2.1 Природний газ

Хімічна формула CH_4 .

Склад % об.: метан - 93-98; етан - 0,2-0,4; важкі вуглеводи - 0,1-1,5; сірка - 0,01; азот - 0,5-3,1.

Температура згорання 310 °С, границя вибуху 5-15 %, гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони 300 мг/м³.

1.2.2 Дихлоретан

Хімічна формула $C_2H_4Cl_2$.

Молекулярна маса - 99 кг/кмоль; температура кипіння - 84 °С; температура замерзання - -35 °С; густина - 1250 кг/м³.

Температура спалаху 13 °С, температура самозаймання 44 °С, гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони 10 мг/м³.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3 Хлор

Хімічна формула Cl_2 .

Густина сухого газоподібного хлору - 3,214 кг/м³. Легко зріджується при температурі мінус 34 °С і тиску 101,3 кПа. Густина хлору в зрідженому стані 1560 кг/м³, температура кипіння - - 34 °С.

1.3 Будова і робота печі для спалювання хлорорганічних залишків

Розглянемо першу стадію процесу термознешкодження хлорорганічних залишків (технологічна схема наведена на рисунку 1.1).

Рідкі хлорорганічні залишки неперервно поступають у збірник важкокиплячих залишків ЗХЗ. Для нормальної роботи цього апарату в ньому слід створити азотну подушку, тому у збірник одночасно з хлорорганічними залишками подається азот. Рівень заповнення цього збірника складає 10% - 80%, тиск 0,5 МПа.

Із збірника під тиском 0,45 МПа насосом Н1 (Н2) через фільтри Φ_1 і Φ_2 залишки відкачуються на спалювання в піч в камеру спалювання КС. Для підтримки вмісту збірника в однорідному стані частина потоку після фільтрів повертається назад у збірник.

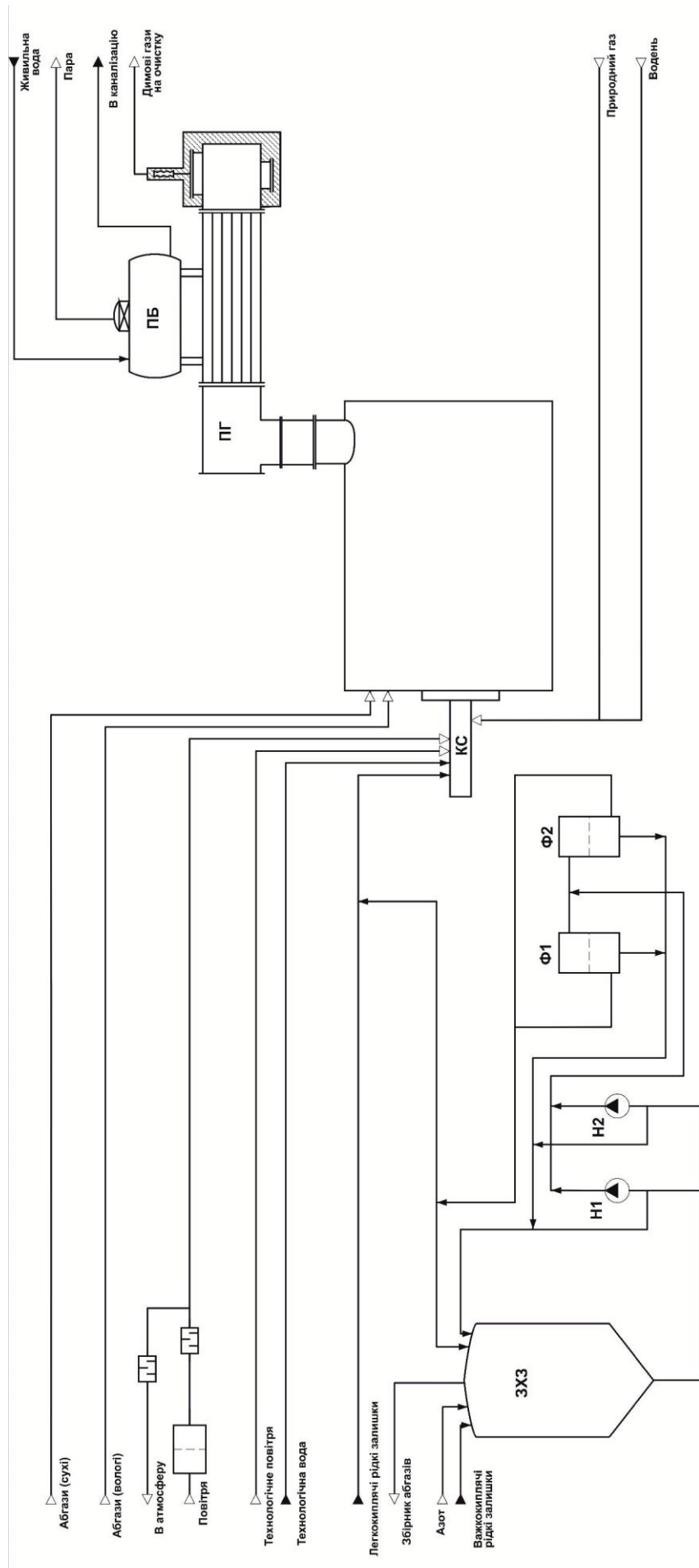
Лінією залишків перед пальником подаються легко киплячі залишки під тиском 0,5 МПа. При зменшенні тиску до 0,2 МПа подача легко киплячих залишків має припинитись.

Крім рідких залишків, безпосередньо в камеру спалювання направляються газоподібні залишки із колекторів вологих абгазів і сухих абгазів. Витрата потоку сухих абгазів складає 2500 кг/год, тиск в колекторі сухих абгазів складає 0,03 МПа. Лінія сухих абгазів обладнана двома вогнеперегороджувачами для захисту від зворотнього горіння. Температура на вогнеперегороджувачах складає 60-80 °С.

Для покращення процесу горіння у піч також надходить порітря розпилення.

Процес спалювання відбувається при температурі 1100-1280 °С. В результаті спалювання залишків утворюються HCL , CO_2 , H_2O і сліди хлору. Для зменшення утворення вільного хлору під час спалювання рідких залишків у піч подається водень.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ЗХЗ - збірник хлорорганічних залишків; КС - камера спалювання; ПГ - парогенератор; ПБ - паровий барабан; Н1, Н2 - насоси; Ф1, Ф2 - фільтри

Рисунок 1.1 - Технологічна схема термознешкодження хлорорганічних залишків

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

Димові гази із печі спалювання поступають до парогенератора. В парогенераторі температура димових газів знижується від 1250 °С до 320-250 °С, тепло газів спалювання передається у міжтрубному просторі парогенератора котловій воді. Утворена при цьому пара збирається у паровому барабані і з тиском 1,2 МПа виводиться в колектор високого тиску. Рівень води у паровому барабані складає 40-70 %. Температура у паровому барабані складає 195 °С.

1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання

Характеристику технологічного обладнання подаємо в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристика технологічного обладнання

Позиція на схемі	Назва обладнання	Матеріал	Характеристика
КС	Камера спалювання	Сталь 20	Горизонтальний циліндричний апарат: Робоча температура - 1250 °С. Робочий тиск - 0,03 МПа. Діаметр - 2,9 м. Довжина - 0,8 м. Фугурований вогнетривкою цеглою, двома шарами.
ПГ	Парогенератор	Сталь 20	Горизонтальний теплообмінний апарат $F = 233 \text{ м}^2$. Робоча температура в міжтрубному просторі і (на вході-виході) - 189/190 °С. Робочий тиск - 1,16 МПа. Кількість трубок - 253. Довжина трубок - 7 м.

Позиція на схемі	Назва обладнання	Матеріал	Характеристика
Н1, Н2	Насос хлорорганічних залишків		Тиск на всмоктуванні - 0,013 МПа. Тиск на нагнітанні - 0,6 МПа. Напір - 35 м. Робоча температура - 20 °С. Кількість обертів - 2900 об/хв. Потужність електродвигуна - 1,6 КВт.
ЗХЗ	Збірник хлорорганічних залишків	Сталь 20	Вертикальний циліндричний апарат. Робоча температура - 20-80 °С. Робочий тиск - 0,03 МПа. Діаметр збірника - 2,4 м. Висота - 2,9 м.
ПБ	Паровий барабан	Сталь 20	Горизонтальний циліндричний апарат. Робоча температура - 300 °С. Робочий тиск - 1,4 МПа. Діаметр - 1,4 м. Висота - 2,5 м.
ПД	Повітродувка		Тиск на всмоктуванні - 0,01 МПа. Тиск на нагнітанні - 0,14 МПа. Температура на всмоктуванні - 15 °С. Напір - 300 м. Кількість обертів двигуна - 1300 об/хв.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Позиція на схемі	Назва обладнання	Матеріал	Характеристика
Ф1,Ф2	Фільтри хлорорганічних залишків	Сталь 20	Вертикальний циліндричний апарат. Робоча температура - 20-80 °С. Робочий тиск - 0,4 МПа.

1.5 Вибір і обґрунтування параметрів контролю та регулювання печі

В даному підрозділі наводяться вплив параметрів, на процес спалювання залишків.

З метою підтримання процесу горіння з певним коефіцієнтом горіння надлишку кисню в піч необхідно подавати за допомогою повітрорудвки вторинне повітря - тобто необхідно стабілізувати його витрати.

Процес спалювання палива повинен здійснюватися з максимальною точністю. Паливо, яке поступає в піч, як і, хлорорганічні сполуки, повинні згорати, по можливості повністю, а втрати тепла, яке виділяється мають бути мінімальними.

Посередніми показниками якісного процесу горіння являються температура речовин на вході в піч спалювання, про яку, в свою чергу можна судити за вмістом кисню. Тобто витрати палива, первинного і вторинного повітря, витрати води, являються основними контрольованими і регульованими параметрами процесу і одночасно керуючими впливами для підтримання інших параметрів згідно регламенту і фактично визначають матеріальні і енергетичні ресурси процесу.

Отже стабілізуємо подачу хлорорганічних залишків в камеру спалювання, а також витрату первинного повітря і води розпилення.

Інформативним параметром, що визначає на якісні показники процесу вогневого знешкодження як повноту окислення токсичних речовин, є значення температури в реакційній зоні спалювання та вміст кисню в продуктах згорання. Тому необхідно передбачити контроль та реєстрацію температури в реакційній зоні

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камери спалювання, температури в зоні охолодження в камері спалювання.

Значення параметрів контролю і регулювання в печі спалювання наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Загальні параметри контролю та регулювання

Найменування параметрів	Позиція на ФСА	Одиниця вимірювання	Межі зміни параметру
Рівень у збірнику хлорорганічних залишків (ЗХЗ)	17-1	%	10-80%
Тиск у збірнику хлорорганічних залишків	18-1	МПа	0,05
Витрата рідких залишків на установку	6-1	кг/год	130-390
Тиск в трубопроводі легкокиплячих залишків	32-1	МПа	0,2-0,5
Витрата рідких легкокиплячих залишків	4-1	кг/год	64-127
Витрата сухих абгазів	1-1	кг/год	2560
Тиск в колекторі сухих абгазів	20-1	МПа	0,03
Перепад тиску на фільтрах Ф1, Ф2	36-1, 36-2	МПа	0,15
Витрата мокрих абгазів	2-1	кг/год	2000
Тиск в колекторі мокрих абгазів	22-1	МПа	0,02-0,04
Тиск повітря	19-1	мбар	50-100
Витрати повітря розпилення	10-1	кг/год	355-2485

Найменування параметрів	Позиція на ФСА	Одиниця вимірювання	Межі зміни параметру
Тиск в колекторі повітря розпилення	19-4	МПа	0,2-0,6
Температура в камері спалювання (КС)	16-1	°С	1100-1280
Витрати водню в камеру спалювання	7-1	м ³ /год	107
Тиск водню	8-1	МПа	0,2
Температура димових газів	31-1	°С	1250
Тиск у паровому барабані	28-1	МПа	1,2
Температура у паровому барабані	30-1	°С	195
Рівень води у паровому барабані	27-1	%	40-70

Отже більшість параметрів, які слід контролювати, пов'язані з обмеженою продуктивністю установки, не якісним процесом горіння, збільшенням енергетичних витрат, цілісністю технологічних апаратів.

1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу

В теперішній час основними шляхами удосконалення управління процесами нафтопереробної, нафтохімічної і хімічної промисловості є зниження собівартості цільових продуктів, покращення якості товарних продуктів. Якість і кількість отриманих продуктів, а також техніко-економічних показників всієї установки в значній мірі залежить від теплового і технологічного режимів в печі, що робить очевидною практичну цінність і актуальність задачі, що розв'язується в даній

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботі.

Рівень автоматизації печей, які являються одним із основних апаратів більшості технологічних установок у нафтопереробній, нафтохімічній і хімічній промисловості, суттєво уступають рівню, досягнутому для інших апаратів технологічних установок.

Теплова робота печей являється одним із показників ефективності їх роботи. Основними точками контролю являються: температура сировини на вході в піч; температура топочних газів; на вході водяної пари в паронагрівач на виході з паронагрівача.

Чим вища температура поступлення сировини в піч, тим вища температура топочних газів і, як наслідок, нижчий к.к.д. печі. Рекуперація тепла, топочних газів, що відходять, дозволяють дещо збільшити к.к.д. печі шляхом вводу гарячого повітряного потоку.

Температура в течі залежить також від природи сировини, тиску на виході із печі. Температура топочних газів залежить і від надлишку повітря і конструкції печі.

При проектуванні даного проєкту були враховані загальні принципи, яких необхідно дотримуватись при прийнятті принципових рішень на стадії проектування:

1. В процесі розробки системи автоматизації було враховано не тільки сьогоденні вимоги до технологічного процесу, але і перспективи модернізації і розвитку, щоб при мінімальних початкових затратах, без значних переробок можна було нарощувати функції систем автоматизації.

2. При розробці системи автоматизації розглянуто можливість почергової реалізації системи - від локальної системи до повної АСК ТП. Вибір приладів і засобів автоматизації проведено таким чином щоб в перспективі їх можна було використати для обміну інформацією з відповідними пристроями АСК ТП.

3. Система автоматизації побудована на серійних уніфікованих засобах автоматизації і обчислювальної техніки.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. При побудові схем автоматизації і виборі технічних засобів враховано: вид і характер виробничого процесу, умови пожежо- і вибухо-безпеки, агресивність і токсичність оточуючого середовища.

5. Витримано однотипності технічних засобів, що значно зменшить експлуатаційні затрати.

Під рівнем автоматизації печі спалювання розуміють її оснащеність сучасними технічними засобами контролю і управління і набором відпрацьованих процедур і програм для ПТК по збору, обміну і передачі інформації в системі «людина-машина». Саме поняття рівня автоматизації міняється у міру модернізації устаткування, вдосконалення технічних засобів автоматизації і впровадження ЕОМ, зростання кваліфікації експлуатаційного персоналу і інших чинників.

Висновки до розділу

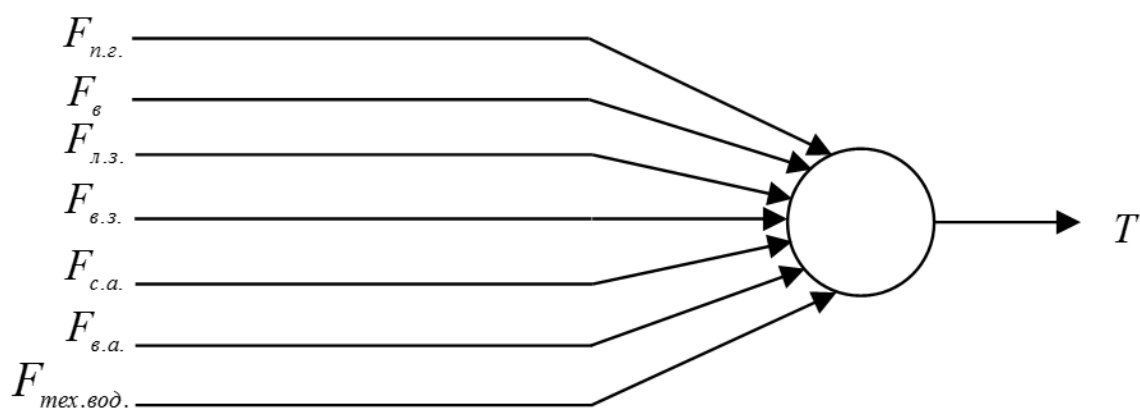
В даному розділі розглянуто процес спалювання хлорорганічних залишків. Описано призначення установки а також її суть та хімізм процесу. Здійснено аналіз технологічної схеми, установки спалювання хлорорганічних залишків, наведено технічні характеристики основних апаратів. Здійснено вибір та обґрунтування параметрів контролю і регулювання.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ А ТАКОЖ ІДЕНТИФІКАЦІЯ КЕРОВАНОГО ОБ'ЄКТА

2.1 Дослідження керованого об'єкта

Якість динамічних характеристик отриманих експериментально, у значній мірі визначається тим, наскільки ретельно продумані і підготовлені дослідження. Першим кроком необхідно визначити існуючі в системі внутрішні зв'язки між окремими вхідними і вихідними величинами. В загальному кожна досліджувана система має m вхідних величин і n вихідних. Між вхідними і вихідними існують внутрішні динамічні зв'язки, вигляд яких визначається відповідними динамічними характеристиками. Структурна схема нашої динамічної системи наведена на рисунку 2.1.



$F_{н.г.}$ - витрата природного газу; $F_г$ - витрата водню; $F_{л.з.}$ - витрата легкокиплячих залишків; $F_{в.з.}$ - витрата важкокиплячих залишків; $F_{с.а.}$ - витрата сухих абгазів; $F_{в.а.}$ - витрата вологих абгазів; $F_{тех.вод.}$ - витрата технологічної води; T - температура в печі

Рисунок 2.1 - Структурна схема динамічної системи керування

2.2 Експериментальне дослідження динаміки керованого об'єкта

2.2.1 Визначення форми і величини збурень

Величина допустимого відхилення вихідної величини під час дослідження

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

залежить від великої кількості факторів: навантаження, форми збурень, швидкості його нанесення і т.д. Визначення форми, та величини збурень входів зв'язано з тим, що потрібно дати досить суттєве збурення, але таке щоб не вивело об'єкт моделювання з нормального режиму. Оскільки особливих обмежень на проведення експерименту немає, то визначаємо часову характеристику, застосовуючи ступінчасте збурення величиною 15% від номінального значення вхідного параметра.

Для отримання достатньо достовірних даних прагнемо, щоб відхилення при експериментах не перевищували максимальні відхилення при регулюванні (у відповідності із поставленими вимогами).

Криву розгону знімаємо за каналами „Температура на виході з печі - витрата природного газу” та „Температура на виході з печі - витрата сухих абгазів”. Збурення наносимо переміщенням регулюючого органу в бік збільшення витрати природного газу на 15% від номінального.

2.2.2 Обробка результатів експерименту

Експериментальні значення кривої розгону, отриманої внаслідок стрибкоподібної зміни (збільшення) витрати природного газу і сухих абгазів на 15% представлені в таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 - Експериментальні дані по витраті газу

t, c	0	40	80	120	160	200	240	
$T, ^\circ C$	1100	1104	1115	1126	1140	1149,92	1160,4	
t, c	280	320	360	400	440	480	520	560
$T, ^\circ C$	1165,6	1170	1174	1177	1178	1179	1180	1180

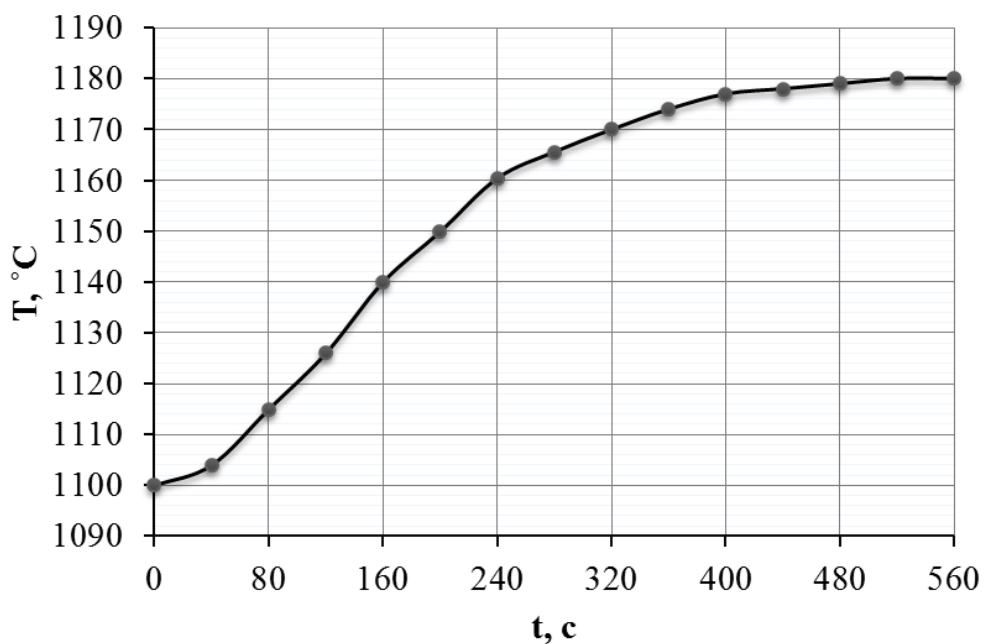


Рисунок 2.2 - Перехідна характеристика по каналу „Температура на виході з печі - витрата природного газу”

Таблиця 2.2 - Експериментальні дані по витраті сухих абгазів

t, c	0	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900
T, °C	0	0,079	0,139	0,177	0,203	0,219	0,23	0,237	0,241	0,244	0,246
t, c	990	1080	1170	1260	1350	1440	1530	1620	1710	1800	
T, °C	0,248	0,248	0,249	0,249	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	

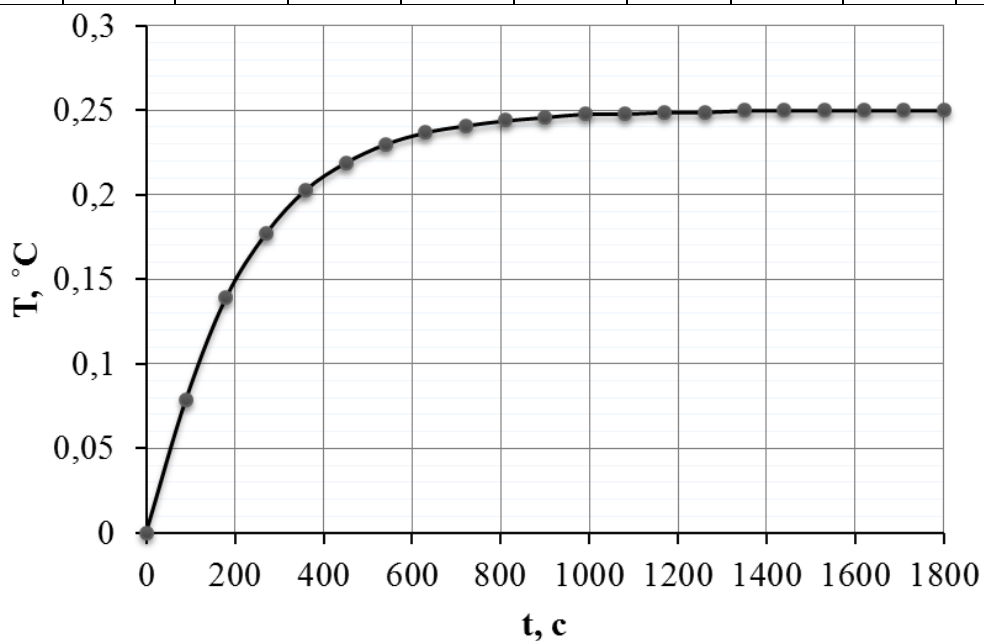


Рисунок 2.3 - Перехідна характеристика по каналу „Температура на виході з печі - витрата сухих абгазів”

$$y_{вих12} = \frac{1179 - 1100}{1180 - 1100} = 0.987;$$

$$y_{вих13} = \frac{1180 - 1100}{1180 - 1100} = 1;$$

$$y_{вих14} = \frac{1180 - 1100}{1180 - 1100} = 1.$$

Отримані результати зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Зведені результати експерименту отримані при опрацюванні даних основного каналу

t, c	0	40	80	120	160	200	240	280
$y_{вих}$	0	0.05	0.187	0.325	0.5	0.624	0.755	0.82
t, c	320	360	400	440	480	520	560	
$y_{вих}$	0.875	0.925	0.962	0.975	0.987	1	1	

Відповідно до даних представлених в таблиці 2.3 побудуємо експериментальну характеристику у безрозмірних одиницях (рисунок 2.4).

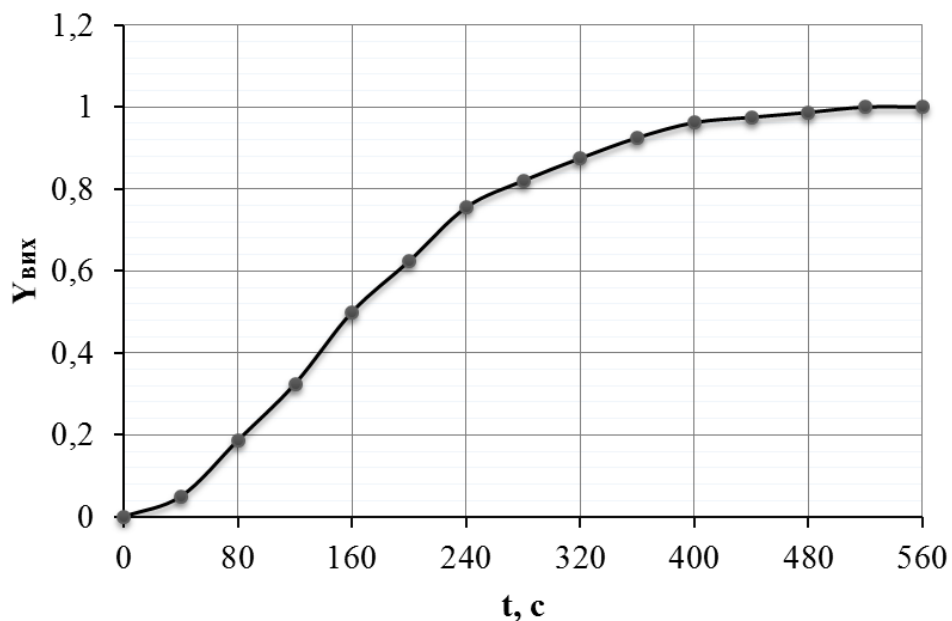


Рисунок 2.4 - Перехідна характеристика основного каналу в безрозмірних одиницях

Проведемо апроксимацію за допомогою застосування програмного продукту «Аргох». Отримали передавальну функцію:

$$W(p) = \frac{1}{110365.209p^3 + 10696.971p^2 + 181,226p + 1}. \quad (2.2)$$

Похибка апроксимації у точці $T = 80$ с є максимальною і рівна 1,50% (додаток А1).

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким самим способом виконаємо апроксимацію для допоміжного каналу.

Здійснимо розрахунок для допоміжного каналу:

$$x_{вх} = 1.$$

$$y_{вх0} = \frac{0 - 0}{0.25 - 0} = 0;$$

$$y_{вх1} = \frac{0.079 - 0}{0.25 - 0} = 0.316;$$

$$y_{вх2} = \frac{0.139 - 0}{0.25 - 0} = 0.556;$$

$$y_{вх3} = \frac{0.177 - 0}{0.25 - 0} = 0.708;$$

$$y_{вх4} = \frac{0.203 - 0}{0.25 - 0} = 0.812;$$

$$y_{вх5} = \frac{0.219 - 0}{0.25 - 0} = 0.876;$$

$$y_{вх6} = \frac{0.23 - 0}{0.25 - 0} = 0.92;$$

$$y_{вх7} = \frac{0.237 - 0}{0.25 - 0} = 0.948;$$

$$y_{вх8} = \frac{0.241 - 0}{0.25 - 0} = 0.964;$$

$$y_{вх9} = \frac{0.244 - 0}{0.25 - 0} = 0.976;$$

$$y_{вх10} = \frac{0.246 - 0}{0.25 - 0} = 0.984;$$

$$y_{вх11} = \frac{0.248 - 0}{0.25 - 0} = 0.992;$$

$$y_{вх12} = \frac{0.248 - 0}{0.25 - 0} = 0.992;$$

$$y_{вх13} = \frac{0.249 - 0}{0.25 - 0} = 0.996;$$

$$y_{вх14} = \frac{0.249 - 0}{0.25 - 0} = 0.996;$$

$$y_{вх15} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - 0} = 1;$$

$$y_{вх16} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - 0} = 1;$$

$$y_{вх17} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - 0} = 1;$$

$$y_{вх18} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - 0} = 1;$$

$$y_{вх19} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - 0} = 1;$$

$$y_{вх20} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - 0} = 1.$$

Результати обчислень зведемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Зведені результати експерименту отримані при опрацюванні даних допоміжного каналу

t, c	0	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900
$y_{вх}$	0	0,316	0,556	0,708	0,812	0,876	0,92	0,948	0,964	0,976	0,984
t, c	990	1080	1170	1260	1350	1440	1530	1620	1710	1800	
$y_{вх}$	0,992	0,992	0,996	0,996	1	1	1	1	1	1	

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ						Арк.
											28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Відповідно до даних таблиці 2.4 побудуємо експериментальну перехідну характеристику у безрозмірних одиницях (рисунок 2.5).

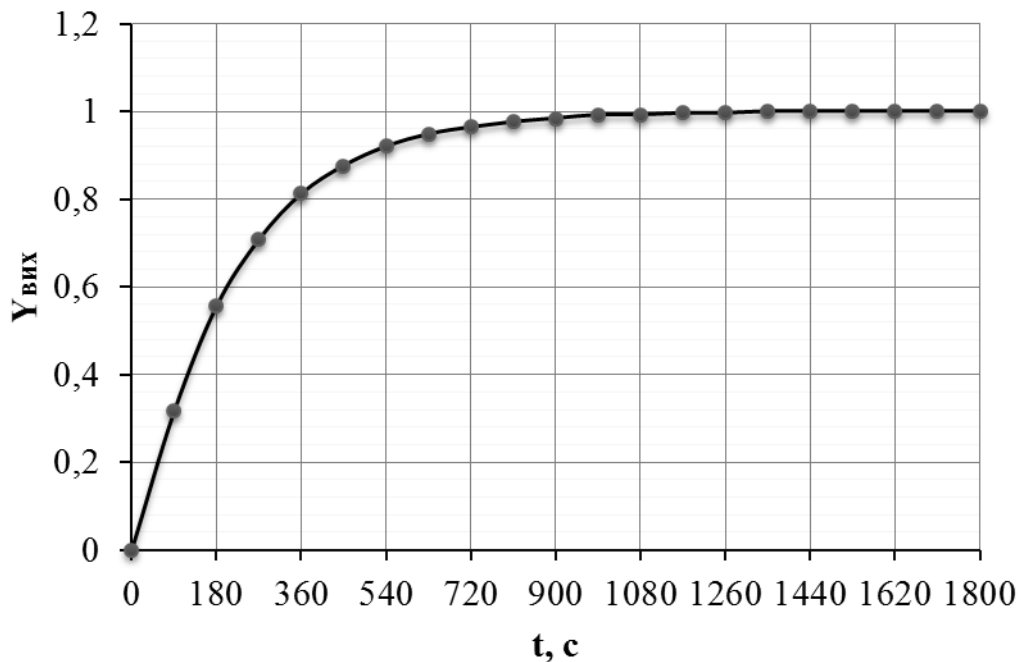


Рисунок 2.5 – Відображення перехідної характеристики допоміжного каналу

Проведемо апроксимацію отриманої перехідної характеристики. Використовуючи програму Аргох отримаємо передавальну функцію:

$$W_0(p) = \frac{1,0}{219,12p + 1,0}. \quad (2.3)$$

Похибка апроксимації у точці $T = 90$ с є максимальною і рівна 2,00% (додаток А2).

Висновки до розділу

В даному розділі вибраний та обґрунтований об'єкт керування побудовано його структурну схему. Отримані експериментальним шляхом дані апроксимовано. Згідно цих даних було визначено передавальну функцію об'єкта по основному і допоміжному каналах регулювання.

3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1 Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів для одноконтурної САК

Як регулятор для здійснення регулювання основного каналу вибираємо ПІД-регулятор.

Передавальна функція регулятора в загальному вигляді має вигляд:

$$W_p(p) = \frac{C_2 p^2 + C_1 p + C_0}{p}. \quad (3.1)$$

Визначимо параметри регулятора C_2 , C_1 , C_0 . Вибір параметрів регулятора здійснено функцією Tune п.п. MATLAB. Згідно з додатком Б1 отримаємо: $K_p = C_1 = 7.951$, $K_i = C_0 = 0.044$, $K_d = C_2 = 360.07$. Тоді:

$$W_p(p) = \frac{360.07 p^2 + 7.951 p + 0.044}{p}.$$

Функція передачі розімкненої системи має такий вигляд:

$$W_{роз}(p) = W_0(p) \cdot W_p(p), \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} W_{роз}(p) &= \frac{1}{110365.209 p^3 + 10696.971 p^2 + 181,226 p + 1} \cdot \frac{360.07 p^2 + 7.951 p + 0.044}{p} = \\ &= \frac{360.07 p^2 + 7.951 p + 0.044}{110365.209 p^4 + 10696.971 p^3 + 181,226 p^2 + p}. \end{aligned}$$

У загальному вигляді передавальна функція для замкненої системи (рис. 3.1), має такий символічний вигляд:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_{роз}(p)}{1 + W_{роз}(p)}. \quad (3.3)$$

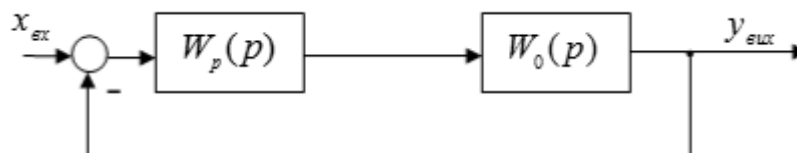


Рисунок 3.1 - Алгоритмічна структура одноконтурної АСР

Тоді значення замкнутої системи матиме вигляд:

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{зм}(p) = \frac{360.07p^2 + 7.951p + 0.044}{110365.209p^4 + 10696.971p^3 + 541.296p^2 + 8.951p + 0.044}. \quad (3.4)$$

3.2 Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів для каскадної САК

Щоб реалізувати каскадну САК (рис. 3.2) у загальному вигляді потрібно до задіяного основного контуру регулювання додати ще один допоміжний контур, який являтиметься малоінерційним. Малоінерційним у нашому випадку буде контур регулювання витрати кількості сухих абгазів.

Передавальна функція основного каналу регулювання має вигляд:

$$W_0(p) = \frac{1}{110365.209p^3 + 10696.971p^2 + 181,226p + 1}. \quad (3.5)$$

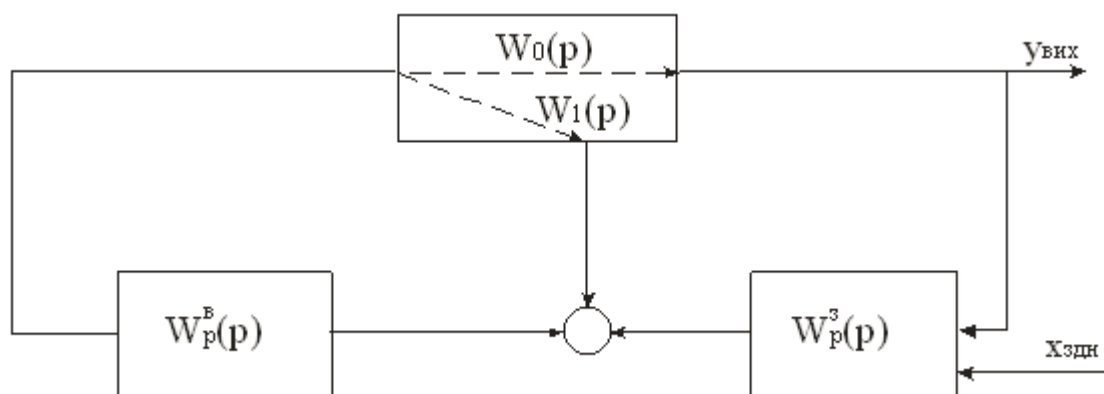


Рисунок 3.2 - Структура каскадної САК

У другому розділі уже визначено передавальну функцію допоміжного каналу автоматичного регулювання:

$$W_1(p) = \frac{1}{219,12p + 1,0}. \quad (3.6)$$

Процес розрахунку почнемо із основного регулятора оскільки його інерційність являється набагато більшою за інерційність допоміжного каналу. Схематично зазначені твердження наведені на рисунку 3.3.

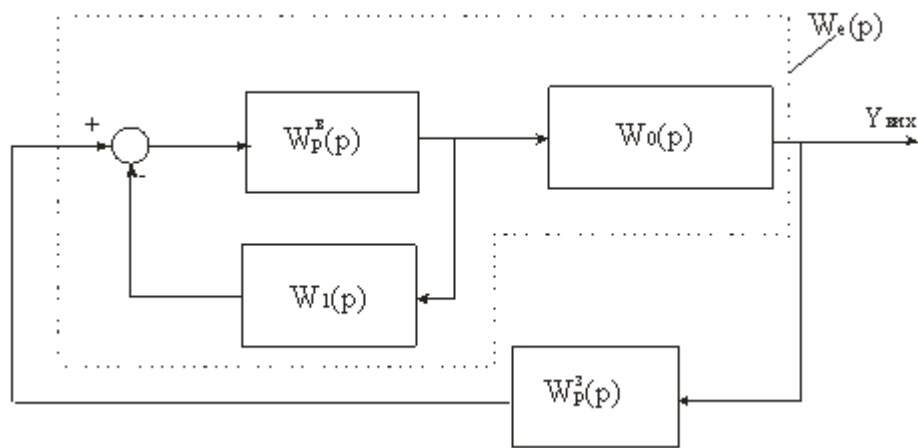


Рисунок 3.3 - Структурна еквівалентної схеми каскадної АСР

Передавальна функція даного об'єкта матиме наступний вигляд:

$$W_e'(p) = \frac{W_p^e(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_p^e} W_0(p). \quad (3.7)$$

Допустивши припущення, що частота основного контуру W_p' набагато менша, ніж частота допоміжного контуру та ввівши позначення $W = W_p'$ можна записати наступну нерівність:

$$\frac{1}{(W_p^e(j\omega))} \ll (W_1(j\omega)). \quad (3.8)$$

З урахуванням (3.8) можна записати, що $W_e' = \frac{W_0(p)}{W_1(p)}$. З урахуванням значень

$W_0(p)$ і $W_1(p)$, отримаємо:

$$\begin{aligned} W_e'(p) &= \frac{1}{\frac{110365.209p^3 + 10696.971p^2 + 181,226p + 1}{219.12p + 1}} = \\ &= \frac{219.12p + 1}{110365.209p^3 + 10696.971p^2 + 181,226p + 1}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регулятора виконано функцією Tune п. п. Matlab.

Застосуємо ПІД-регулятор як регулятор для даного контуру.

У додатку Б2 отримано такі результати: $K_p = C_1 = 2$, $K_i = C_0 = 0.01$,

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_d = C_2 = 0.7.$$

Отже у запропонованій схемі функція передачі основного регулятора матиме наведений нище вигляд:

$$W_p^3(p) = \frac{0.7p^2 + 2p + 0.01}{p}. \quad (3.10)$$

Оскільки функція передачі основного регулятора уже визначена то перейдемо до визначення функції передачі допоміжного регулятора функція передачі якого має такий вигляд:

$$W_e''(p) = W_1(p) + W_0(p) \cdot W_p^3(p). \quad (3.11)$$

Підставивши попередньо визначені дані та виконавши деякі обрахунки одержимо:

$$\begin{aligned} W_e''(p) &= \frac{1}{219.12p+1} + \frac{1}{110365.209p^3 + 10696.971p^2 + 181,226p + 1} \cdot \frac{0.7p^2 + 2p + 0.01}{p} = \\ &= \frac{1}{219.12p+1} + \frac{0.7p^2 + 2p + 0.01}{110365.209p^4 + 10696.971p^3 + 181,226p^2 + p} = \\ &= \frac{110365.209p^4 + 10850.355p^3 + 620.166p^2 + 5.19p + 0.01}{24183224.6 \cdot p^5 + 2454285.5 \cdot p^4 + 50407.2 \cdot p^3 + 400.35 \cdot p^2 + p} \end{aligned}$$

Після алгебраїчних перетворень отримаємо:

$$W_e''(p) = \frac{110365.209p^4 + 10850.355p^3 + 620.166p^2 + 5.19p + 0.01}{24183224.6 \cdot p^5 + 2454285.5 \cdot p^4 + 50407.2 \cdot p^3 + 400.35 \cdot p^2 + p}.$$

Виконаємо розрахунок параметрів налаштування ПІД-регулятора за допомогою функції Tune програмного продукту Matlab. Як бачимо з результатів (додаток Б3) оптимальні параметри наступні:

$$K_p = C_1 = 70.73, K_i = C_0 = 0.19, K_d = C_2 = 2.199.$$

Тоді ми отримаємо наступну передавальну функцію допоміжного регулятора:

$$W_p^e(p) = \frac{2.199p^2 + 70.73p + 0.19}{p}. \quad (3.12)$$

Визначимо еквівалентну передавальну функцію для цілої каскадної АСР:

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_e(p) = \frac{W_p^3(p) \cdot W_0(p) \cdot W_p^6(p)}{W_p^3(p) \cdot W_0(p) \cdot W_p^6(p) + W_1(p) \cdot W_p^6(p) + 1} =$$

$$= \frac{337.3p^5 + 11814.1p^4 + 31084.6p^3 + 379.9p^2 + 1.5p + 0.0019}{242693.1p^6 + 7829991p^5 + 789778.7p^4 + 45937.3p^3 + 485.03p^2 + 220.8p + 1.0019}$$

3.3 Дослідження стійкості одноконтурної САК

За допомогою критерію Михайлова дослідимо одноконтурну САК на стійкість.

З метою проведення зазначених досліджень візьмемо функцію передачі замкненого контуру одноконтурної САК і прирівнюємо знаменник зазначеної передавальної функції до нуля:

$$W_{зам}(p) = \frac{360.07p^2 + 7.951p + 0.044}{110365.209p^4 + 10696.971p^3 + 541.296p^2 + 8.951p + 0.044}$$

Прирівнюємо знаменник до нуля:

$$110365.209p^4 + 10696.971p^3 + 541.296p^2 + 8.951p + 0.044 = 0.$$

Зробимо підстановку $p = j\omega$:

$$110365.209\omega^4 - 10696.971j\omega^3 - 541.296\omega^2 + 8.951j\omega + 0.044 = 0.$$

Виділимо дійсну та уявну частини:

$$P(\omega) = 110365.209\omega^4 - 541.296\omega^2 + 0.044;$$

$$Q(\omega) = -10696.971\omega^3 + 8.951\omega.$$

В програмному продукті Mathcad (Додаток В1) виконаємо побудову годографа Михайлова. На основі результатів наведених у додатку В1 можна стверджувати про стійкість одноконтурної САК оскільки годограф послідовно проходить чотири квадранти і йде у нескінечність.

3.4 Дослідження на стійкості каскадної САК

Досліджуватимемо каскадну систему на стійкість за критерієм Гурвіца, який являється алгебраїчним критерієм та оснований на аналізі отриманого з передавальної функції характеристичного рівняння системи керування.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматична система, яку можна описати за допомогою характеристичного рівнянням:

$$a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0 = 0, \quad (3.15)$$

являтиметься стійкою, у випадку коли головний визначник та усі його наявні діагональні мінори являтимуться додатніми:

$$\Delta_n > 0, \Delta_{n-1} > 0, \dots, \Delta_2 > 0, \Delta_1 = a_{n-1} > 0. \quad (3.16)$$

У нашому випадку характеристичне рівняння є наступним:

$$242693.1p^6 + 7829991p^5 + 789778.7p^4 + 45937.3p^3 + 485.03p^2 + 220.8p + 1.0019 = 0.$$

Використовуючи програму Mathcad (додаток В2), визначимо чи стійка система.

Оскільки головний визначник та усі його діагональні мінори додатні то система являється стійкою.

3.5 Оцінка якісних показників систем керування

Дослідження якості системи здійснимо за графіком побудованого перехідного процесу, який побудований у програмі Matlab, саме за допомогою якого виконано побудови графіків перехідних процесів для обох розроблених систем автоматичного керування (рис. 3.4, 3.5).

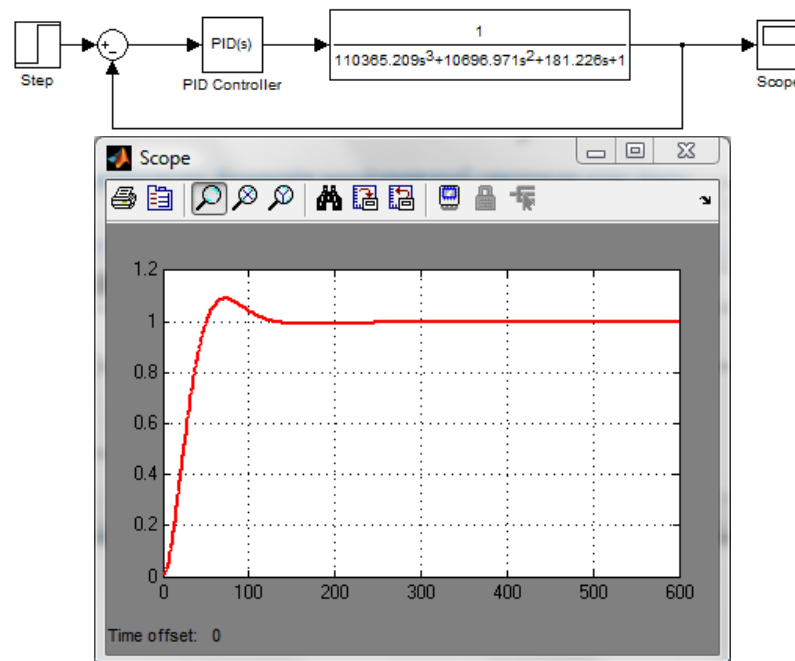


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика одноконтурної системи регулювання

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

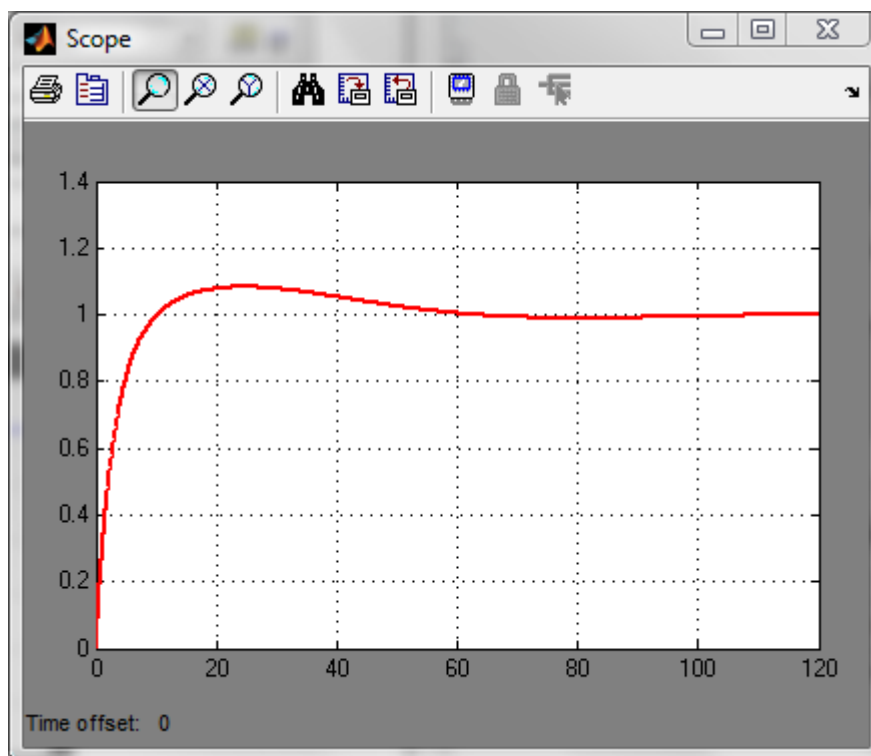
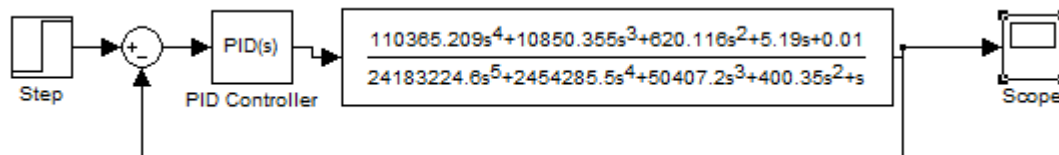


Рисунок 3.5 - Перехідна характеристика каскадної системи регулювання
Необхідні показники якості визначатимемо з графіків перехідних процесів:

1) степiнь перерегулювання:

$$\tau = \frac{x_{\max} - x_{\infty}}{x_{\infty}} \cdot 100\% = \frac{A}{x_{\infty}} \cdot 100\%, \quad (3.17)$$

де x_{∞} - поточне значення регулюючої величини;

x_{\max} - максимально можливе значення регулюючої величини;

На основі (3.17) одержимо:

- для одноконтурної системи автоматичного регулювання:

$$\tau = \frac{1.12 - 1.00}{1.00} \cdot 100\% = 12\%,$$

- для каскадної системи автоматичного регулювання:

$$\tau = \frac{1.1 - 1.00}{1.00} \cdot 100\% = 10\%.$$

2) Час перехідного процесу ($\delta < 1,5\%$):

- для одноконтурної системи регулювання:

$$t_p = 250 \text{ с};$$

- для каскадної системи регулювання:

$$t_p = 108 \text{ с}.$$

Висновки до розділу

Визначено структури систем керування та досліджено параметри налаштування регуляторів (одноконтурна та каскадна системи). Досліджено системи на стійкість. Визначено якісні показники систем автоматичного керування.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗВИТОК САК НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Нечіткі системи інтенсивно розвиваються для управління а також керування багатьма системами та технічними об'єктами.

Нечітке моделювання для управління технологічними системами дає можливість отримати кращі результати у порівнянні з результатами котрі можна отримати при використанні традиційних аналітичних моделей а також алгоритмів керування.

Нечітка логіка, яка є основою для реалізації методів нечіткого управління, більш точно описує характер людського мислення та хід його міркувань, ніж традиційні системи. Тому вивчення та використання математичних засобів з метою представлення деякої нечіткої вихідної інформації надає можливість будувати моделі, що найбільш адекватно відображають різні аспекти невизначеності, яка постійно присутня кругом нас.

Переваги фази логіки, які виявляються у нечіткому управлінні, полягають перш в тому, що фазі логіка дозволяє вдало представити мислення людини, способи прийняття рішень людиною, а також показує способи моделювання різної складності об'єктів за допомогою засобів природної мови.

4.1 Алгоритм формування нечіткого проекту

В процесі проектування системи автоматичного управління, котра будуватиметься на основі теорії фази-логіки, потрібно розробити так званий фази-проект (рис. 4.1).

Задіяні потоки даних показують, що процеси фазифікації та дефазифікації пов'язані напряму із користувачем. Через логічну обробку інформація від процесу фазифікації проходить до процесу дефазифікації.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.1 - Структура нечіткого проекту

У найзагальнішому можна стверджувати, що фазифікації підлягає практично усе, що може характеризуватись множинами станів, які мають будь-яку форму. Зазвичай у техніці це є аналогові сигнали.

Задіяні у опитуванні експерти готують так дані, щоб виділити такі ознаки котрі можна оцінювати. Саме це дасть можливість отримати із чітких величин деякі нечіткі діапазони.

Основними задачами фазифікації є:

- перевірка нечітких діапазони на допустимість;
- відображення вхідних даних у вигляді нечітких діапазонів;
- пред'явлення результатів для подальшої логічної обробки.

Дані для процесу логічної обробки надходять як від процесу фазифікації, так само й безпосередньо від користувача. Фазифіковані дані, це нечіткі діапазони. Отримані від користувача дані надходять в вигляді певних правил, які володіють такою структурою:

Якщо <фазифікація> вірна, то <вихідний нечіткий діапазон> активний.

У даних правилах відображені знання експертів про те, що потрібно робити, якщо одне з вказаних в фазифікації властивостей стало справедливим. Дані правила здійснюють зв'язок даних фазифікації із даними для логічної обробки та представляють собою нечіткі висловлювання.

Задачі логічної обробки:

- Зчитування вхідних даних.

- Зчитування правил.
- Обробка правил “якщо ... то ...”.
- Об’єднати результати за допомогою певних операторів та отримати певні проміжні результати.

- Отримані проміжні результати перетворити у активність нечітких виходів.
- Результат представити для дефазифікації.

Вхідні дані дефазифікації являють собою нечіткі діапазони, що поступають від логічної обробки, та мають таку ж структуру як дані фазифікації.

Задачами дефазифікації є:

- Перетворення нечітких даних у чітке значення.
- Пред’явлення результатів користувачу.

Задачі дефазифікації обернені задачам фазифікації. Перевірка діапазонів тут не потрібна, оскільки вплив ззовні відсутній, а логічна обробка дає відомі правильні дані. Маючи нечіткі діапазони, необхідно отримати зрозумілий для комп’ютера та користувача чіткий результат.

4.2 Процес розробки нечіткого контролера

Нечітким керуванням являється деяка область використання методології нечіткої логіки та теорії нечітких множин з метою розв’язання певних практичних задач автоматичного керування. Метод нечіткого керування виник для розширення автоматизації виробництва та призначається для розв’язання конкретних прикладних задач у різноманітних областях керування, які можуть реалізовуватись за допомогою застосування програмованих контролерів.

Для здійснення синтезу нечіткого регулятора необхідно описати вхідні та вихідні параметри за допомогою нечітких термів. У якості вхідних даних нечіткого регулятора використаємо величину помилки та похідну даної помилки для каскадної системи.. Вихідним сигналом регулятора буде вихід даної системи. Для отримання значень вище описаних величин побудуємо перехідний процес досліджуваної системи. Модель системи та перехідний процес системи зображений

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на рисунку 4.1.

Таблиця 4.1 – База правил для зазначеного регулятора

$\Delta\epsilon$ \ ϵ	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

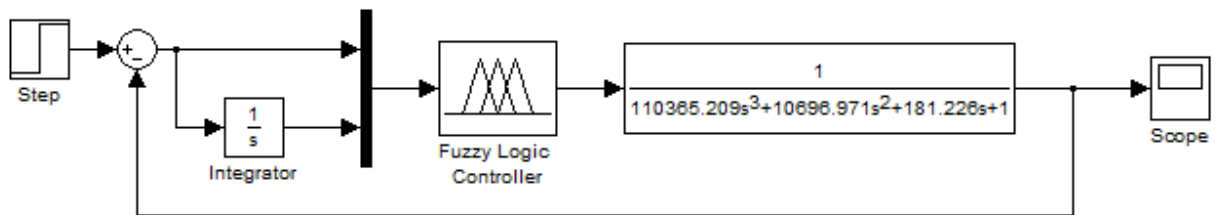
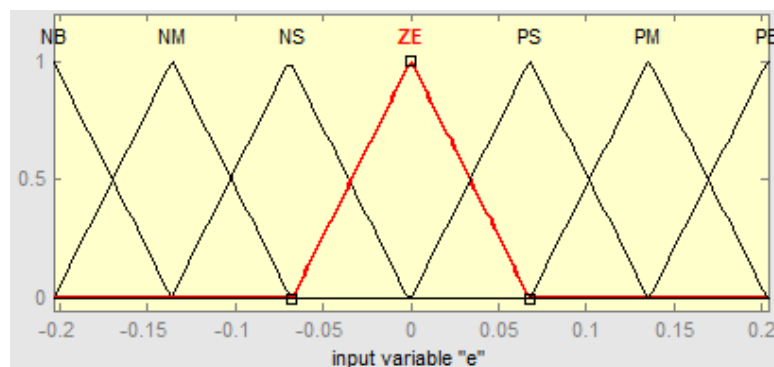


Рисунок 4.1 - Одноконтурна САК з регулятором

Лінгвістичні терми а також пов'язані із ними нечіткі множини наведені на рисунках 4.2 та 4.3.



а)

Оцінку якості системи виконаємо за такими показниками:

- тривалість перехідного процесу:

$$t_n = 21 \text{ с};$$

- перерегулювання:

$$\delta = 10\% .$$

Висновки до розділу

У цьому розділі проведено розробку, моделювання і дослідження САК з використанням fuzzy-регулятора. У програмному середовищі Matlab виконано моделювання системи керування та виконано дослідження якісних показників системи керування. Аналіз системи показав, що в САК з нечітким регулятором швидкодія більш висока, а решта якісних показників приблизно однакові.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

5.1 Підбір технічних засобів автоматизації

5.1.1 Вибір регуляторів

Для виконання задач автоматизації печі спалювання хлороорганічних залишків в даній роботі вибираємо мікропроцесорний контролер Modicon (Quantum Automation Series), що дозволяє ефективно розв'язувати як прості так і складні завдання, що стоять перед АСК ТП. Modicon - це комплекс технічних засобів. Контролер складається з центрального процесора (CPU), модулів ВВОДУ/ВИВОДУ (I/O), блоку живлення (PS), монтажних плат (для отримання інформації про варіанти установки Quantum).

5.1.1.1 Центральний процесор Quantum

CPU - модуль центрального процесора Quantum, обов'язково знаходиться на локальній монтажній панелі вводу-виводу. Процесор - це електронна обчислювальна система, яка використовує програмовану пам'ять для зберігання усередині себе команд користувача. Ці команди використовуються для виконання спеціальних функцій типу логічної обробки сигналів, послідовності дій, вимірювання інтервалів часу, здійснення зв'язку і математичних обчислень, а також управління за допомогою цифрових і аналогових виходів різними типами агрегатів і процесів.

Процесор Quantum як контролер системної шини забезпечує управління місцевим, видаленим і розподіленим вводом-виводом системи.

5.1.1.2 Модулі введення-виведення сигналів Quantum

Модулі вводу-виводу Quantum - електричні перетворювачі сигналів, які перетворюють сигнали, що вводяться від різних датчиків, таких, як кінцеві вимикачі, перемикачі, датчики температури, до рівнів і формату сигналів, які можуть

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оброблятися центральним процесором і формують вихідні сигнали на виконавчі механізми, наприклад, соленоїди, приводи клапанів або засувки і ін.

5.1.1.3 Джерела живлення Quantum

Джерела живлення використовуються, для забезпечення системним живленням всіх модулів, встановлених на монтажній панелі, включаючи модулі центрального процесора, модулі інтерфейсу для мережної передачі даних і модулі вводу-виводу Quantum. Залежно від конфігурації системи існують наступні режими використання джерел живлення:

- автономний - для конфігурацій із струмом споживання 3 або 8 А не вимагаючої підвищеної відмово стійкості;
- підсумований - для конфігурацій, споживаючих більше, ніж номінальний струм одного джерела, на одній монтажній панелі можуть бути встановлено два джерела живлення;
- дубльований - для конфігурацій, де при функціонуванні системи вимагається забезпечити її безперебійне живлення. При цьому використовуються два дубльовані джерела живлення.

5.1.1.4 Модулі інтерфейсу мережного обміну Quantum

Є наступні типи модулів інтерфейсу мережного обміну даними:

- модулі зв'язку з віддаленим вводом-виводом RІO (процесор і адаптери), передаючий через коаксіальну кабельну мережу по одинарному або здвоєному каналу зв'язку;
- модулі інтерфейсу розподіленого уведення-виведення з одинарним або здвоєним каналом зв'язку. Підключаються в мережу Modbus Plus через екрановану виту пару;
- модулі розширення мережі (NOM) з одинарним або здвоєним каналом зв'язку. Центральний процесор і NOM підключаються в мережу Modbus Plus через виту екрановану пару;

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- модулі інтерфейсу з мережею Modbus Plus з волоконним оптичним каналом зв'язку;
- модулі інтерфейсу з мережею Ethernet TCP/IP з підключенням по витій парі або оптоволокну;
- модулі інтерфейсу з мережею Interbus по витій парі;
- модулі інтерфейсу з мережею Lonworks по витій парі;
- модулі інтерфейсу з мережею SY/MAX Ethernet з підключенням по витій парі або оптоволокну;
- модулі інтерфейсу з мережею MMS Ethernet з підключенням по оптоволокну;
- модулі інтерфейсу з мережею Profibus по витій парі.

5.1.2 Вибір давачів

5.1.2.1 Рівень

Для вимірювання рівня вибираємо ультразвуковий компактний перетворювач SITRANS Probe LU.

Особливістю є наявність функцій автоматичної фільтрації хибного ехосигналу та вбудованих електронних схем (компактність), покращене співвідношення сигнал - шум і підвищена точність вимірювання, а також гарантована висока надійність приладу.

Програмування відбувається через інфрачервоний програматор, SIMATIC PDM або HART Communicator.

Сенсорний датчик Probe LU пропонується в ETFE - або PVDF - виконанні, що дозволяє найкращим чином відповідати хімічним властивостям середовища, де вимірюється рівень. Probe LU має інтегрований термочутливий елемент для компенсації похибки вимірювання при коливаннях температури, що дозволяє використовувати пристрій при змінах температур матеріалу і процесу.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.1 - Давач рівня SITRANS Probe LU

5.1.2.2 Тиск

Перетворювачі тиску SITRANS P DS III призначені для використання у різноманітних галузях промисловості які працюють при високих хімічних та механічних навантаженнях. Зазначені перетворювачі можуть оснащуватися різноманітними конструкціями розділової мембрани з метою вимірювання наприклад речовин які володіють високою в'язкістю. Зазначений давач здатен управлятися локально та програмно через HART, PROFIBUS PA чи FOUNDATION Fieldbus.



Рисунок 5.2 - Давач тиску SITRANS P DS III

5.1.2.3 Витрата

Для вимірювання витрати вибираємо витратомір MASS 2100, який підходить для вимірювання витрати малих кількостей рідин і газів будь-якого типу.

Перетворювач витрати забезпечує відмінні результати по точності витрати, динамічному діапазоні і точності вимірювання щільності. Зручна установка за

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою механічного та електричного інтерфейсу Plug & Play гарантує оптимальну продуктивність і просте управління.

Перетворювач витрати забезпечує точне вимірювання масової витрати, об'ємної витрати, щільності, температури і витрати фракцій.

Перетворювач витрати MASS 2100 переважно використовується в наступних галузях:

- Хімічна промисловість.
- Вимірювання рідин і газів в малих установках і F & E, дозування присадок і каталізаторів.
- Косметична промисловість Дозування есенцій і ароматичних речовин.
- Продукти харчування й напої.
- Автомобільна промисловість.
- Фармацевтична промисловість.



Рисунок 5.3 - Давач витрати MASSFLO MASS 2100

5.1.2.4 Температура

Для вимірювання температури використовуватимемо високопродуктивний пірометр ARDOCELL PS для віддаленого і безконтактного вимірювання температури об'єкта.

Даний пірометр ідеальний для використання при виробництві промислових установок і обладнання для:

- управління яким-небудь технологічним процесом;
- регулювання та реєстрації температури матеріалів і рухливих об'єктів.

Особливості серії ARDOCELL PS:

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- діапазон виміру: -30 ... 800 °С;
- майже миттєве час спрацьовування;
- водонепроникність;
- аналоговий вихід: 0 ... 20 mA / 4 ... 20 mA;
- компактне виконання;
- міцний корпус.



Рисунок 5.4 - Давач температури ARDOCELL PS

5.1.3 Вибір виконавчого механізму

В якості виконавчого механізму вибираємо клапан SAMSON 3347.

Кутовий клапан типу 3347 оснащується:

- пневматичним приводом типу;
- корпус клапана не має мертвої зони і виконаний з корозійностійкої сталі;
- ущільнювальні матеріали, що контактують з робочий середовищем, задовольняють FDA - сертифікації;
- плунжера клапана з металевим або м'яким ущільненням;
- клапан може очищатися згідно SIP - методу.



Рисунок 5.5 - Виконавчий механізм SAMSON 3347

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

5.2 Опис функціональної схеми автоматизації

В кваліфікаційній роботі було реалізовано систему автоматичного керування процесом на базі мікропроцесорного регулятора Modicon:

- Контур регулювання рівня в паровому барабані.

Сигнал від давача рівня SITRANS Probe LU поз. 27-1, що встановлений на паровому барабані, поступає на вхід аналогового модуля контролера в результаті чого формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON 3347 поз. 27-2, 27-3, що встановлений на лінії подачі.

- Контур регулювання промивки парового барабана.

Звужуючий пристрій на трубопроводі пари поз. 29-1 створює різницю тисків. Давач різниці тисків SITRANS P серія DS III поз 29-2 виміряє цю різницю і формує аналоговий сигнал, що поступає на вхід аналогового модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 29-2,29-3, що встановлений на промивочній лінії.

- Контур регулювання тиску в паровому барабані.

Сигнал від давача тиску SITRANS P серія DS III поз. 28-1, що встановлений на трубопроводі пари, поступає на вхід аналогового модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 28-2,28-3, що встановлений на трубопроводі пари.

- Контур регулювання витрати водню.

Звужуючий пристрій на трубопроводі водню поз 7-1 створює різницю тисків, давач різниці тисків SITRANS P серія DS III поз 7-2 виміряє цю різницю тисків і формує аналоговий сигнал, що поступає на вхід аналогового модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз.7-3,7-4, що встановлений на трубопроводі подачі водню.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Контур регулювання витрати легкокиплячих хлорорганічних залишків.

Сигнал від масового витратоміра MASSFLO MASS 2100 поз 4-1, що встановлений на лінії подачі легкокиплячих хлорорганічних залишків, поступає на вхід аналогового модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON 3347 поз. 4-2, 4-3, що встановлений на лінії подачі легкокиплячих хлорорганічних залишків.

- Контур регулювання витрати важкокиплячих хлорорганічних залишків.

Сигнал від масового витратоміра MASSFLO MASS 2100 поз 6-1, що встановлений на лінії подачі важкокиплячих хлорорганічних залишків, поступає на вхід аналогового модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 6-2, 6-3, що встановлений на лінії подачі важкокиплячих хлорорганічних залишків.

- Контур регулювання тиску сухих абгазів.

Сигнал від давача тиску SITRANS P серія DS III поз 20-1, що встановлений на лінії подачі сухих абгазів, поступає на вхід аналогового модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 20-2,22-3, що встановлений на лінії подачі сухих абгазів.

- Контур регулювання тиску вологих абгазів.

Сигнал від давача тиску SITRANS P серія DS III поз 22-1, що встановлений на лінії подачі вологих абгазів, поступає на вхід аналогового модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 22-2,22-3, що встановлений на лінії подачі вологих абгазів.

- Контур регулювання витрати технологічного повітря.

Сигнал від масового витратоміра MASSFLO MASS 2100 поз 3-1, що встановлений на лінії подачі технологічного повітря, поступає на вхід аналогового

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 3-2, 3-3, що встановлений на лінії подачі технологічного повітря.

- Контур регулювання тиску повітря.

Сигнал від давача тиску SITRANS P серія DS III поз 19-1, що встановлений на лінії подачі повітря, поступає на вхід аналогово модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 19-2,19-3, що встановлений на лінії стравлення повітря.

- Контур регулювання тиску в збірнику важко киплячих залишків.

Сигнал від давача тиску SITRANS P серія DS III поз. 18-1, що встановлений на збірнику важко киплячих залишків, поступає на вхід аналогово модуля контролера. Далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнали з модуля аналогових виходів поступають на виконавчі механізми SAMSON3347 поз. 18-2, 18-3 та поз. 18-4, 18-5, що встановлений на лінії подачі азоту, та лінії виводу абгазів.

- Контур регулювання витрати природного газу з корекцією по температурі в печі спалювання.

Звужуючий пристрій на трубопроводі природного газу поз 12-1 створює різницю тисків, давач різниці тисків SITRANS P серія DS III поз 12-2 виміряє цю різницю тисків і формує аналоговий сигнал, що поступає на вхід аналогово модуля контролера. Сигнал від давача температури ARDOCELL PS поз 16-1, що встановлений на печі спалювання, також поступає на вхід аналогово модуля контролера, а далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 12-3, 12-4, що встановлений на трубопроводі природного газу.

- Контур регулювання витрати технологічної води з корекцією по температурі в печі спалювання.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сигнал від масового витратоміра MASSFLO MASS 2100 поз. 15-1, що встановлений на лінії подачі технологічної води, поступає на вхід аналогового модуля контролера. Сигнал від давача температури ARDOCELL PS поз. 16-1, що встановлений на печі спалювання, також поступає на вхід аналогового модуля контролера, а далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 12-2, 12-3, що встановлений на трубопроводі технологічної води.

- Контур співвідношення сумарне паливо - сумарне повітря із корекцією за вмістом кисню у димових газах.

Сигнал від масового витратоміра MASSFLO MASS 2100 поз. 10-1, що встановлений на лінії подачі технологічної води, поступає на вхід аналогового модуля контролера. Сигнал від давача концентратоміра поз. 11-1, що встановлений на печі спалювання, також поступає на вхід аналогового модуля контролера, а далі за заданим алгоритмом керування формується вихідна дія. Сигнал з модуля аналогових виходів поступає на виконавчий механізм SAMSON3347 поз. 12-2,12-3, що встановлений на трубопроводі технологічної води.

Для всіх вибухо- та пожежонебезпечних речовин і газів крім регулюючих клапанів передбачені запірні клапани SAMSON 3351.

Контроль за станом фільтрів, які призначені для очистки важко киплячих рідин контролюються по приладу SITRANS P серія DS III поз 36-1, 37-1.

5.3 Обґрунтування вибору і монтажу засобів автоматизації

Даним проектом передбачається ведення контролю та автоматичного керування процесом спалювання хлорорганічних залишків. Щит керування розміщений в приміщенні БЩУ. Для розміщення технічних засобів автоматизації вибрана шафа щита з дверима.

Для виготовлення щитів в цій роботі розроблено наступні проектні матеріали креслень загального виду щитів, які містять наступні матеріали:

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- конструкція щита;
- вид на внутрішні площини;
- технічні вимоги;
- таблиці написів в табло і рамках;
- перелік складових частин.

На фасадному виді щита керування, показані кнопка аварійного вимкнення, кнопка виключення сигналізації та вимикач ввідного автомату.

При розміщенні апаратури всередині щитів враховані:

- а) допустимі розміри монтажних полів шафи, спосіб встановлення;
- б) способи встановлення апаратури на уніфікованих монтажних конструкціях;
- в) виступаючі частини засобів автоматизації і апаратури керування, які встановлюються на фасадній панелі;
- г) розміщення штуцерів, вводів кабельних та трубних провідок, затискачів і контактів;
- д) кількість поворотів і згинів електричних провідок.

Розміщення приладів і обладнання на різних площинах шафи вибрано таким чином, щоб не погіршувати або щоб не ускладнювати їхній монтаж а також експлуатацію.

Встановлення реле, пускачів, трансформаторів, джерел живлення та іншої апаратури передбачено безпосередньо на рейках, коли для кріплення апаратури необхідна одна рейка, при установці в одному ряду однотипної або різнотипної апаратури з однаковими міжцентровими відстанями.

Кріплення кронштейнів та плат виконується за допомогою двох суміжних рейки. У випадку необхідності встановлення важких стабілізаторів чи трансформаторів передбачаються кронштейни котрі кріпляться безпосередньо до стійок каркасу.

У випадку встановлення у щитах приладів, котрі мають велику глибину (більше 400 мм), передбачено підтримку приладу рейками.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Положення приладів а також апаратури, котра змонтована на щитах та штативах, повинно відповідати вимогам діючих стандартів та інструкцій.

При розміщенні всередині шафи апаратури кіл електроживлення приладів, компоновка їх на щиті здійснена у вигляді окремої схеми живлення. Ввідні вимикачі і запобіжники встановлюються окремо.

Усе електроживлення систем виконується за такими групами споживачів:

- пристрої дистанційного керування і їх датчики;
- технологічні захисти та їх датчики;
- прилади технологічного контролю і їх датчики;
- пристрої аварійної попереджувальної сигналізації;
- засоби автоматичного регулювання;
- засоби обчислювальної техніки та їх датчики.

Розподіл по підгрупах, групах здійснюється через самостійні апарати захисту, котрі повинні забезпечити селективне відключення пошкоджених ділянок, ремонт елементів мережі електроживлення без зупинки основного обладнання.

Для живлення апаратури керування у щити та пульти дозволяється ввід живлення напругою, що не перевищує:

- 400В змінного струму;
- 440В постійного струму.

При вводі живлення напругою більше 250В постійного або змінного струму струмоведучі частини апаратури та зборок затискачів рекомендується закривати захисними кожухами.

Провідники і кабелі живлення підводимо безпосередньо до ввідного вимикача. Індивідуальні кола живлення засобів автоматизації, схем керування, сигналізації тощо, монтуються з підведенням до відповідних вимикачів і запобіжників, обминаючи зборки затискачів щита, безпосередньо від ввідного вимикача. На зборку затискачів щита вводяться кола живлення від індивідуальних і ввідних вимикачів, що йдуть до засобів автоматизації, запроектованих на іншому щиті.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дія сигналізації і захисту має бути забезпечена у випадку повної втрати живлення групи споживачів або одного із вводів.

Повинна бути передбачена схема включення резервного живлення і сигналізація (звукова і світлова) ввімкнення резерву.

Справність систем автоматичного включення резерву проводиться за графіком затвердженим головним інженером.

На бокових панелях розміщені: магнітні пускачі, контактори, рубильники, автомати і плавкі запобіжники, що використовуються для систем керування і захисту силового електрообладнання, електроприводів технологічних агрегатів а також запірних органів.

Електрична проводка між приладами а також апаратами, які розміщені на різних панелях, повинна виконуватись через збірку затискачів, а також здійснювати з'єднання перемичками. Усі необхідні перемички з провідників на збірках затискачів виконані зі сторони приєднання кабелю.

Переріз провідників електропроводок вибрані виходячи з умов:

- нагрівання електричним струмом;
- механічної міцності;
- по спаду напруги на провідниках.

Мінімально допустимі січення жил проводів і кабелів вибрані з наступних вимог:

- в колах напругою до 60В, крім прокладених у вибухонебезпечних приміщеннях - не менше $0,2\text{мм}^2$ (діаметр 0,5мм) для мідних провідників; більше 60В - не менше 1мм^2 ;

- алюмінієві провідники повинні бути січенням не менше $2,5\text{мм}^2$ для всіх приміщень і зовнішніх проводок.

Також враховані у вимірювальних колах вимоги зв'язані із забезпеченням класу точності, тобто до опору з'єднувальних ліній, що вказується у заводських інструкціях до вимірювальних приладів. Для термопар слід використовувати видовжувальні (компенсаційні) проводи, вибір яких проводиться в залежності від

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умов середовища в якому вони знаходяться (температури, вологості, запиленості, наявності агресивних середовищ), типу термопар і довжини з'єднувальних ліній.

5.4 Опис зовнішніх електричних проводок

На схемі зовнішніх з'єднань кабельні проводки, розподілені таким чином, що в одному кабелі не прокладаються силові і вимірювальні кола.

Усі кінці задіяних у проекті проводів, котрі підключаються до технологічних приладів та апаратів мають мати актуальне маркування відповідно до монтажних схем щита чи споживача.

На схемі зовнішніх з'єднань усі кабелі прокладаються в лотках передбачених для цього будівельними кресленнями де це не є можливим в захисних трубах з метою уникнення механічних пошкоджень.

Висновки до розділу

Розроблено технічну документацію для автоматичної системи керування, а саме вибрано засоби автоматизації (регулятори, давачі, виконавчий механізм).

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Результатом кваліфікаційної роботи є автоматизація технологічного процесу спалювання хлорорганічних залишків у виробництві вінілхлориду.

Розроблена функціональна схема автоматизації технологічного процесу спалювання хлорорганічних залишків.

Основною метою автоматизованої системи керування технологічним процесом є підтримання в допустимих межах температури в печі спалювання хлорорганічних залишків, та співвідношення витрати сумарного палива і сумарного повітря з корекцією по вмісту кисню в димових газах. Це завдання реалізовано з допомогою мікропроцесорного контролера «Modicon Quantum Automation Series», що відповідає вимогам забезпечення нормального протікання процесу.

Здійснені необхідні розрахунки а також моделювання технологічних об'єктів, які дозволяють оптимізувати процеси.

При розробці проекту застосовувались сучасні засоби автоматизації.

					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

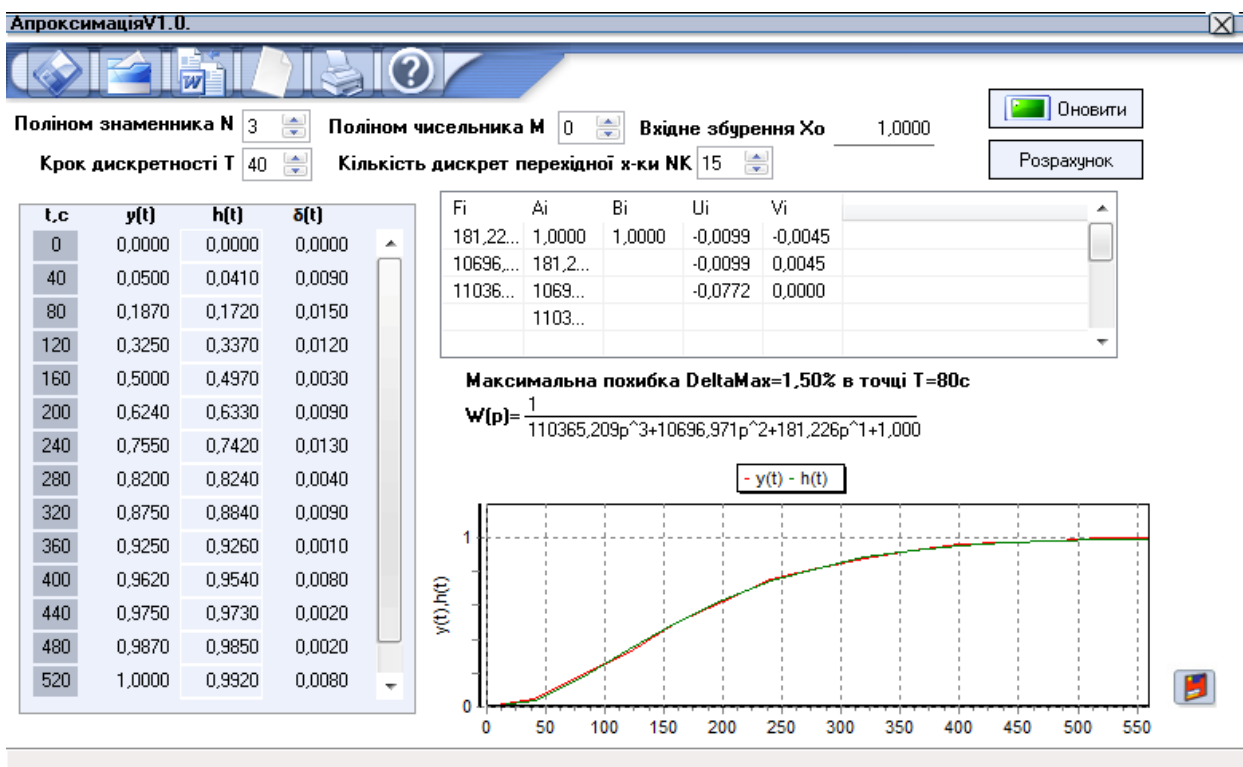
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Семенцов Г. Н., Когуч Я. Р., Дранчук М. М. Автоматизація технологічних процесів та виробництв в нафтовій та газовій промисловості. Івано-Франківськ: Факел, 2003. 352 с.
2. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 1999. 610 с.
3. Когутяк М. І. Мікроконтролери для систем автоматизації [Текст] : навч. посібник / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. – 290 с.
4. Когутяк М. І. Мікроконтролери та програмовані логічні контролери [Текст]: метод. вказівки для викон. курс. роботи / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2025. – 72 с.
5. Лагойда А. І. Комп'ютерні технології та програмування [Текст] : лаборатор. практикум. Ч.2 / А. І. Лагойда, Л. І. Лагойда, Р. Б. Скрип'юк. – Івано-Франківськ : Інтелект-Захід, 2025. – 159 с.
6. Переддипломна практика [Текст]: метод. вказ. / М. І. Горбійчук, А. І. Лагойда, І. І. Чигур [et al.]. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. – 16 с.
7. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані системи в нафтогазовій промисловості [Текст]: метод. вказ. для викон. курс. проєк. / М. І. Горбійчук, В. С. Борин, М. І. Когутяк [et al.]. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. – 14 с.
8. Когутяк М. І. Технічні засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб. / М. І. Когутяк. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ Факел, 2015. – 212 с.
9. Когутяк М. І. Технічні засоби автоматизації [Текст]: лабораторний практикум. Ч. 1: Пневмоавтоматика / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда, Є. П. Майкович. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. – 83 с.
10. Дранчук М. М. Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості [Текст]: навч. посіб. / М. М. Дранчук. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2005. – 448 с.

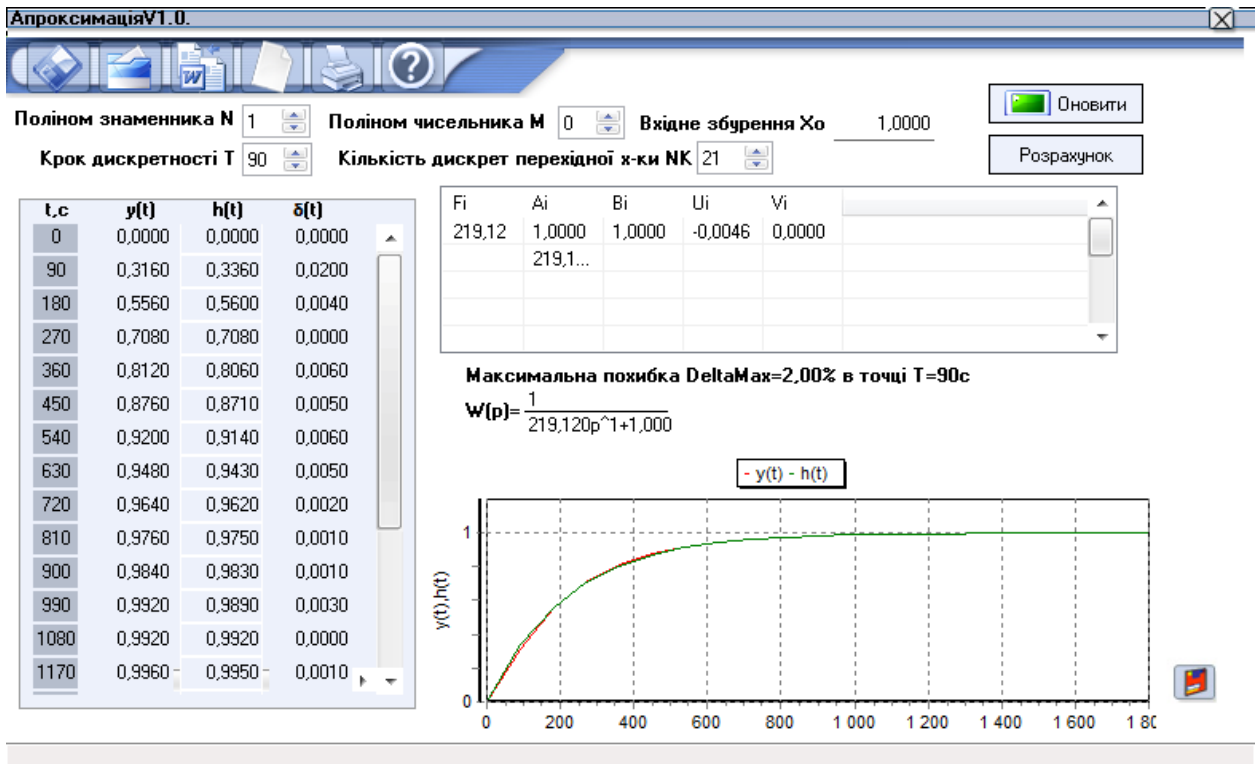
					БР.АКП-53.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

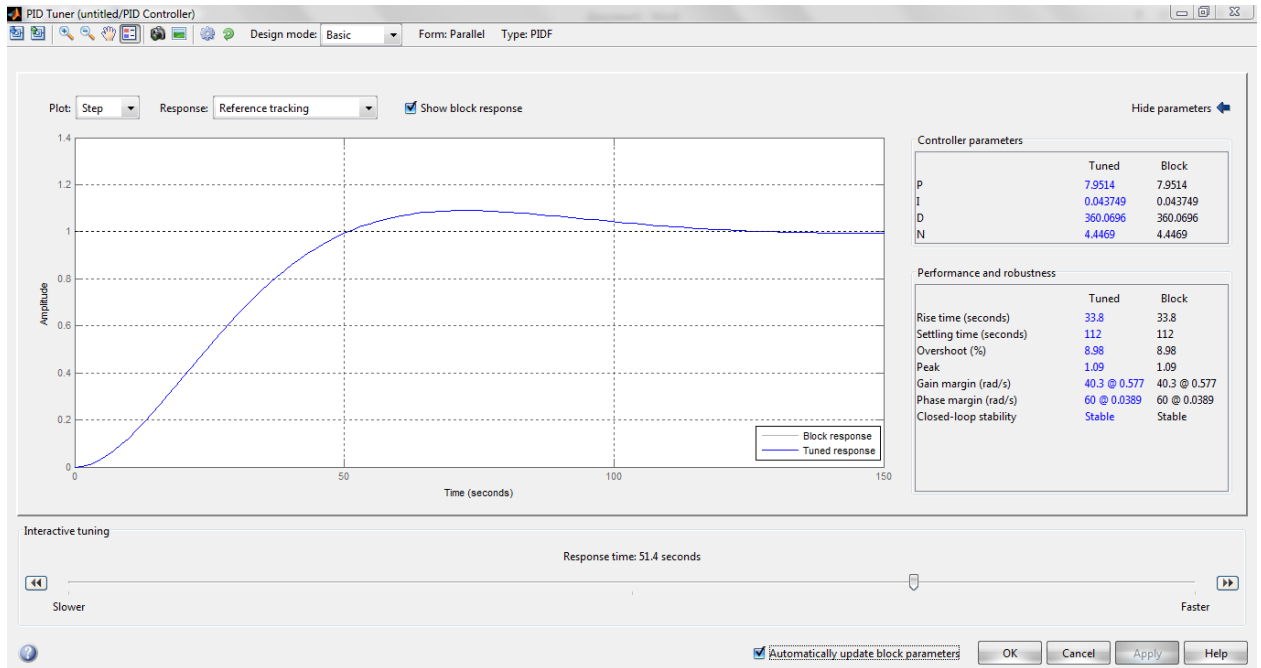
Додаток А1



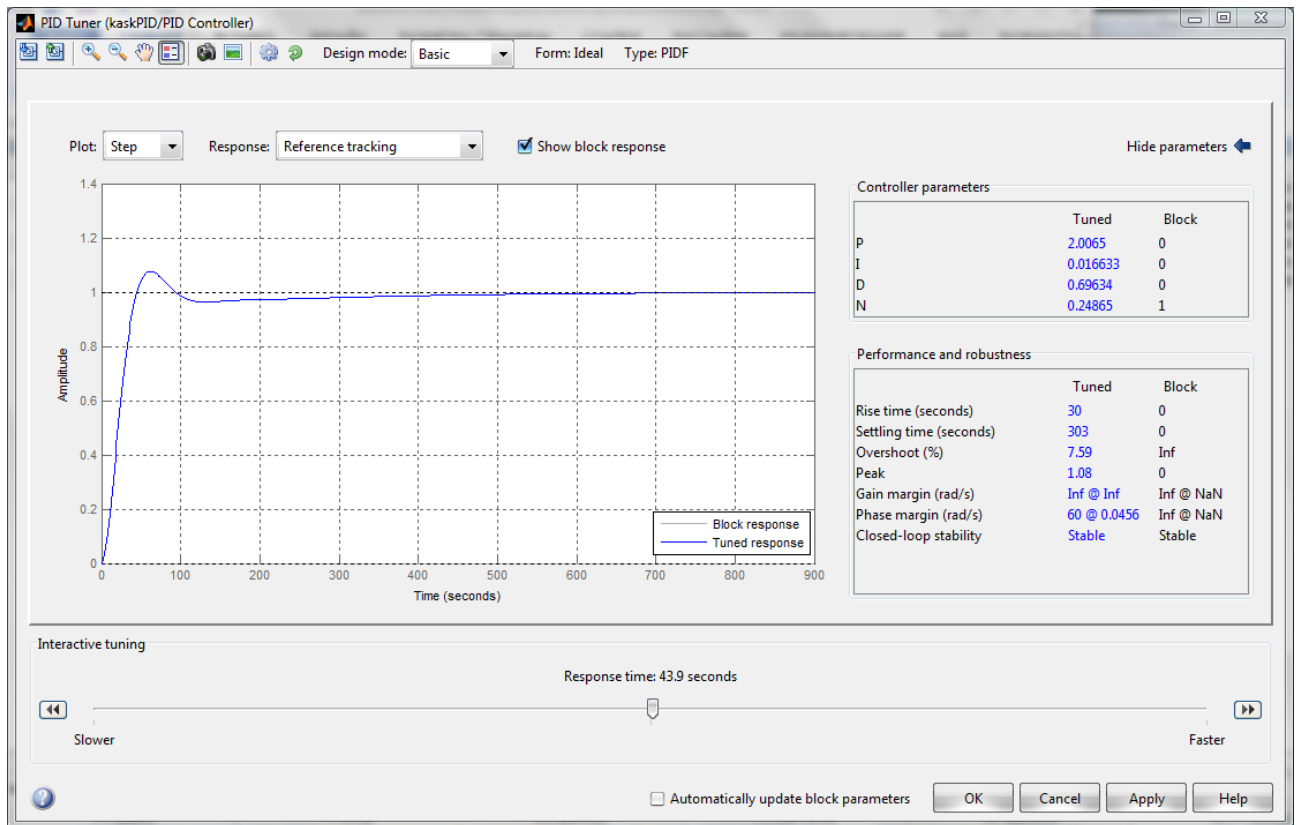
Додаток А2



Додаток Б1



Додаток Б2



Додаток БЗ

PID Tuner (kaskPID2/PID Controller)

Design mode: **Extended** Form: Parallel Type: PIDF

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

	Tuned	Block
P	70.7333	70.7333
I	0.19239	0.19239
D	2.199	2.199
N	35.5262	35.5262

	Tuned	Block
Rise time (seconds)	6.34	6.34
Settling time (seconds)	52	52
Overshoot (%)	8.25	8.25
Peak	1.08	1.08
Gain margin (rad/s)	-Inf @ 0	-Inf @ 0

Interactive tuning

Bandwidth:

Phase margin:

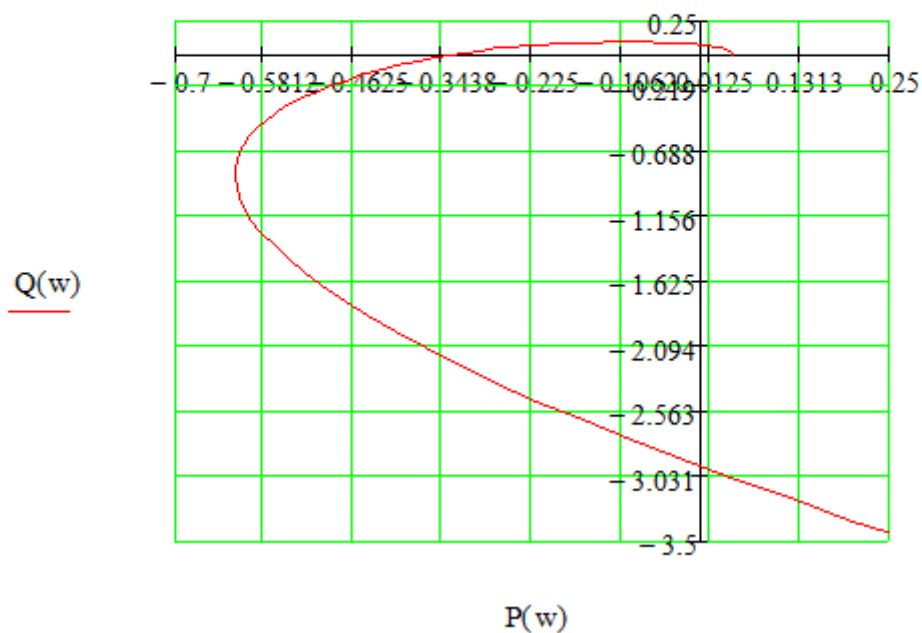
Automatically update block parameters

Додаток В1

$$P(w) := 110365.209 \cdot w^4 - 541.296 \cdot w^2 + 0.044$$

$$Q(w) := -10696.971 \cdot w^3 + 8.951 \cdot w$$

$$w := 0, 0.001 \dots 10$$



Додаток В2

$$an := 242693.1 \quad an4 := 485.03$$

$$an1 := 7829991 \quad an5 := 220.8$$

$$an2 := 789778.7 \quad an6 := 1.0019$$

$$an3 := 45937.3$$

$$\Delta := \begin{pmatrix} an1 & an3 & an5 & 0 & 0 & 0 \\ an & an2 & an4 & an6 & 0 & 0 \\ 0 & an1 & an3 & an5 & 0 & 0 \\ 0 & an & an2 & an4 & an6 & 0 \\ 0 & 0 & an1 & an3 & an5 & 0 \\ 0 & 0 & an & an2 & an4 & an6 \end{pmatrix} \quad |\Delta| \rightarrow 2.0158533191570470807e23$$

$$\Delta1 := \begin{pmatrix} an1 & an3 & an5 & 0 & 0 \\ an & an2 & an4 & an6 & 0 \\ 0 & an1 & an3 & an5 & 0 \\ 0 & an & an2 & an4 & an6 \\ 0 & 0 & an1 & an3 & an5 \end{pmatrix} \quad |\Delta1| \rightarrow 2.0120304612806139143e23$$

$$\Delta2 := \begin{pmatrix} an1 & an3 & an5 & 0 \\ an & an2 & an4 & an6 \\ 0 & an1 & an3 & an5 \\ 0 & an & an2 & an4 \end{pmatrix} \quad |\Delta2| \rightarrow 9.0449210294741957632e20$$

$$\Delta3 := \begin{pmatrix} an1 & an3 & an5 \\ an & an2 & an4 \\ 0 & an1 & an3 \end{pmatrix} \quad |\Delta3| \rightarrow 2.5424528677016228756e17$$

$$\Delta4 := \begin{pmatrix} an1 & an3 \\ an & an2 \end{pmatrix} \quad |\Delta4| \rightarrow 6.17281144724907e12$$

$$\Delta5 := an1 \quad |\Delta5| \rightarrow 7829991$$