

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ

Група АКП-23-2К

**Мирослав Меленюк**

**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

Меленюк Мирослав Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 662.767.2:661.183.2:681.5

(індекс)

## БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка системи автоматизації стабілізаційної колони газофракційної установки

(назва роботи)

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)

М.М. Меленюк

(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**

Меленюк Мирослав Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації стабілізаційної колони газофракційної установки

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 газофракціонування як об'єкта автоматичного контролю і керування. 2 Математичне моделювання і ідентифікація стабілізаційної колони газофракційної установки. 3 Синтез структури системи автоматичного керування. 4 Розвиток САК на основі інтелектуальних технологій. 5 Розроблення проектної 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-52.00.00.001;

Лист 2 - Аналіз і синтез одноконтурної АСК - БР.АКП-52.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз і синтез каскадної АСК - БР.АКП-52.00.00.003;

Лист 4 - Схема зовнішніх з'єднань - БР.АКП-52.00.00.004;

Лист 5 - Схема підключень - БР.АКП-52.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКП-52.00.00.006.

## 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 газофракціонування як об'єкта автоматичного контролю і керування	10.06.2025	
2	Математичне моделювання і ідентифікація стабілізаційної колони газофракційної установки	11.06.2025	
3	Синтез структури системи автоматичного керування	12.06.2025	
4	Розвиток САК на основі інтелектуальних технологій	13.06.2025	
5	Розроблення проектної документації на САК	13.06.2025	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

М.М. Меленюк \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Л.І. Лагойда \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 72 сторінки друкованого тексту, 20 рисунків, 15 таблиць, 10 переліків посилань на джерела і 4 додатки.

Тема: Розробка системи автоматизації стабілізаційної колони газофракційної установки.

Об'єкт дослідження: стабілізаційна колона газофракційної установки.

Мета проекту: удосконалення системи автоматизації технологічного процесу стабілізації на газофракційній установці.

Методи дослідження: експериментальне моделювання автоматичної системи управління стабілізаційної колони.

Результати бакалаврської роботи: в кваліфікаційній роботі виконано аналіз технологічного процесу ректифікації, що лежить в основі роботи газофракційної установки, як об'єкта автоматизації. Вибрані параметри контролю та регулювання стабілізаційної колони і розроблено функціональну схему автоматизації.

Для контролю та регулювання процесу ректифікації, що протікає в установці, розроблено систему на базі мікропроцесорних контролерів фірми «Мікрол».

Ключові слова: стабілізаційна колона, одноконтурна система, каскадна система, налаштування регулятора.

## **ABSTRACT**

The qualification work contains: 72 pages of printed text, 20 figures, 15 tables, 10 lists of references to sources and 4 appendices.

Topic: Development of an automation system for a stabilization column of a gas fractionation plant.

Object of research: a stabilization column of a gas fractionation plant.

Project objective: improvement of the automation system for the stabilization technological process at a gas fractionation plant.

Research methods: experimental modeling of an automatic control system for a stabilization column.

Results of the bachelor's work: in the qualification work, an analysis of the rectification technological process underlying the operation of a gas fractionation plant as an object of automation was performed. The parameters for controlling and regulating the stabilization column were selected and a functional automation scheme was developed.

To control and regulate the rectification process occurring in the plant, a system based on microprocessor controllers from the Mikrol company was developed.

Keywords: stabilization column, single-circuit system, cascade system, regulator settings.

## ЗМІСТ

	<b>ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>9</b>
	<b>ВСТУП.....</b>	<b>10</b>
<b>1</b>	<b>АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГАЗОФРАКЦІОНУВАННЯ ЯК ОБ’ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>11</b>
	1.1 Призначення установки газофракціонування і суть процесу ректифікації.....	11
	1.2 Характеристика сировини і одержуваних продуктів.....	12
	1.3 Аналіз технологічної схеми ГФУ (стабілізаційна колона), як об’єкта автоматизації.....	14
	1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування.....	16
	1.5 Параметри контролю і регулювання на установці.....	17
	1.5.1 Тиск в колоні.....	17
	1.5.2 Температура верха колони.....	18
	1.5.3 Температура низу колони.....	18
	1.5.4 Рівень рідини в колоні.....	19
	1.5.5 Температура і витрата сировини.....	19
	1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу....	20
	Висновки до розділу.....	21
<b>2</b>	<b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАБІЛІЗАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ГАЗОФРАКЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.....</b>	<b>22</b>
	2.1 Аналіз математичних моделей ректифікаційних колон.....	22
	2.2 Формування мети регулювання та вимог до системи.....	23
	2.3 Вхідні і вихідні параметри стабілізаційної колони.....	23

					<b>БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації стабілізаційної колони газофракційної установки	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мелешок М.М.				6	72	
Перевір.		Лагойда Л.І.						
Реценз.		Чигур Л.Я.						
Н. Контр.		Кучмистенко О.В.						
Затверд.		Лагойда А.І.			<b>АКП-21-1К ІФНТУНГ</b>			

2.4	Експериментальне дослідження динаміки стабілізаційної колони.....	26
2.4.1	Підготовка і планування експерименту.....	26
2.4.2	Проведення і обробка результатів експерименту по каналу «витрата абсорбенту - температура низу колони».....	27
2.4.3	Проведення і обробка результатів експерименту по каналу «витрата абсорбенту - якість стабільного газового бензину».....	31
	Висновки до розділу.....	34
<b>3</b>	<b>СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>35</b>
3.1	Дослідження технологічного об'єкта для створення ефективної системи автоматичного керування.....	35
3.2	Дослідження оптимальних параметрів регулятора у одноконтурній САК.....	37
3.3	Дослідження оптимальних параметрів регулятора у каскадній САК.....	38
3.4	Дослідження на стійкість одноконтурної САК.....	39
3.5	Дослідження на стійкість каскадній САК.....	40
3.6	Оцінка якості керування за перехідними характеристиками.....	41
	Висновки до розділу.....	43
<b>4</b>	<b>РОЗВИТОК САК НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....</b>	<b>44</b>
	Висновки до розділу.....	45
<b>5</b>	<b>РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ САК.....</b>	<b>46</b>
5.1	Структурна схема ієрархічної системи керування стабілізаційної колони.....	46
5.2	Підбір а також обґрунтування технічних засобів автоматизації.....	48
5.2.1	Вибір індикатора.....	49

5.2.2	Вибір контролера.....	50
5.2.3	Вибір давачів температури.....	52
5.2.4	Вибір давачів рівня.....	53
5.2.5	Вибір давачів тиску.....	54
5.2.6	Вибір давача витрати.....	56
5.2.7	Вибір виконавчого механізму.....	57
5.3	Проектна частина.....	58
5.3.1	Побудова ФСА стабілізаційної колони.....	58
5.3.2	Розробка креслення загального виду щита.....	60
5.3.3	Побудова схеми зовнішніх з'єднань та підключень.....	61
	Висновки до розділу.....	62
	<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>63</b>
	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....</b>	<b>64</b>
	<b>ДОДАТКИ</b>	

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АСК (САК) - автоматична система керування.

ГПЗ - газопереробний завод.

ФСА - функціональна схема автоматизації.

ГДК - гранично-допустима концентрація.

ГФУ - газофракціонуюча установка.

ОК - об'єкт керування.

САПР - системи автоматизованого проектування.

ТП - технологічний процес.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

На сьогоднішній день газофракційна установка, в основі якої лежить процес ректифікації бензину являється однією із найважливіших установок сучасної нафтопереробки а також нафтохімії.

Долинський газопереробний завод призначений для відбензинення нафтового газу з одержанням:

- відбензиненого сухого газу, що поступає у систему магістральних газопроводів та призначений для комунально-побутового використання;
- зріджених газів, що є сировиною для хімічних виробництв;
- стабільного газового бензину, який являється сировиною для хімічних виробництв і є компонентом добавки до автомобільних бензинів.

Методи переробки нафти поділяють на процеси розділення нафти на фракції, коли використовують її потенційні можливості за асортиментом, кількістю і якістю отриманих продуктів і напівпродуктів. До вторинних процесів відносяться процеси деструктивної переробки нафти і очистки нафтопродуктів. Основним завданням розроблюваного об'єкту являється підтримання параметрів технологічного процесу на заданому наявним технологічним регламентом рівні.

Як варіант, впровадження нових систем автоматизації пропонується система регулювання з застосуванням мікропроцесорної техніки, а саме мікропроцесорних регуляторів фірми "Мікрол", з використанням сучасного контролера МІК-51 та сучасних технічних засобів автоматизації (давачі, перетворювачі тощо). Це дасть можливість врахувати зміни технічних в результаті чого зросте загальний рівень автоматизації установки.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГАЗОФРАКЦІОНУВАННЯ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

## 1.1 Призначення установки газофракціонування і суть процесу ректифікації

Газофракціонуючі установки призначені для розділення в ректифікаційних колонах нестабільного бензину - на фракції  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$  і вище. На ГФУ відбувається отримання таких зріджених газів як: пропан, ізобутан, нормальний бутан та стабільний газовий бензин. До схеми ГФУ досліджуваного підприємства входять пропанова, стабілізаційна та бутанова колони. Безпосередньо, колона стабілізації рідких вуглеводнів призначена для виділення із бензинів і газоконденсатів легких вуглеводнів  $CH_4 - C_3H_8$  і частково  $C_4H_{10}$  для того, щоб отримати товарний бензин.

Звичайна перегонка суміші двох чи кількох компонентів не може забезпечити чіткого розділення фракцій, в яких поряд з компонентами, що виділяються, не було б інших компонентів.

Для розділення цих фракцій застосовується метод ректифікації, що полягає в розділенні двох чи декількох компонентів шляхом багатократного контактування парової і рідкої фаз, що рухаються протитоком, з збагаченням парової фази низькокиплячим компонентом, а рідкої - висококиплячим.

Якщо початкова пара і рідина знаходились при однаковому тиску, то для забезпечення цих умов потрібно, щоб температура рідини, що вступає в контакт була нижчою за температуру пари. Після контактування температури пари і рідини вирівнюються, так як система прагне стану рівноваги. Проводячи багатократне контактування потоків парової і рідкої фаз, що не перебувають в рівновазі, направляючи після кожного ступеня пару на змішування з рідиною, більш багатую н.к.к., а рідину на контакт з парами, більш бідними н.к.к., то можна таким способом змінити склади фаз.

Виділення з газу рідкої фази досягається зниженням температури і

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищенням тиску. Стискання газу викликає однократну конденсацію високиплячих вуглеводнів і не дає чіткого розділення вуглеводнів. Охолодження газової суміші до низьких температур дозволяє дещо знизити тиск.

Процес ректифікації здійснюється в ректифікаційних колонах, що являють собою вертикальні циліндричні апарати, з розміщеними по всій висоті тарілками. Пари, що піднімаються по колоні, на тарілках взаємодіють з шаром рідини, що стікає зверху, інтенсивно з нею перемішуючись.

Таким чином, процес ректифікації є дифузійним процесом розділення рідких сумішей, компоненти яких відрізняються по температурах кипіння, і який здійснюється шляхом багаторазового контактування пари і рідини.

До ГФУ входить сукупність ректифікаційних колон, теплообмінних апаратів, ємностей, насосів, технологічних печей.

## 1.2 Характеристика сировини і одержуваних продуктів

Для газофракційної установки сировиною є нестабільний бензин, що отримують на маслоабсорбційній установці і привозна широка фракція легких вуглеводнів.

Продуктами сучасних установок ГФУ є наступні фракції або індивідуальні компоненти: стабільний бензин, етанова фракція, технічний пропан, технічний бутан, ізо- і нормальні бутани, ізо- і нормальні пентани.

Характеристика сировини (нестабільного бензину і широкої фракції легких вуглеводнів) наведена в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 - Характеристика нестабільного бензину

Назва показника	Значення
Фракційний склад °С:	
- температура початку кипіння, не нижче	30
- 50% переганяється при температурі, не вище	120
- температура кінця кипіння, не вище	205
Масова частка загальної сірки, %, не більше	0,1
Вміст фактичних смол, мг на 100см <sup>3</sup> , не більше	5



На установці стабілізації виділяють з бензинів легкі вуглеводні для того, щоб зменшити втрати легких фракцій при транспортуванні і переробці газоконденсатів. Останнім часом установки стабілізації використовують також для повного виділення з бензинів сполук сірки (меркаптани, сірководень і ін.).

Режим роботи стабілізатора залежить від вимог, що висувуються до якості бензину: чим глибший відбір бутану, тим нижчий тиск і вища температура верху колони. В таблиці 1.4 наведено характеристику стабільного бензину.

Таблиця 1.4 - Показники якості стабільного бензину

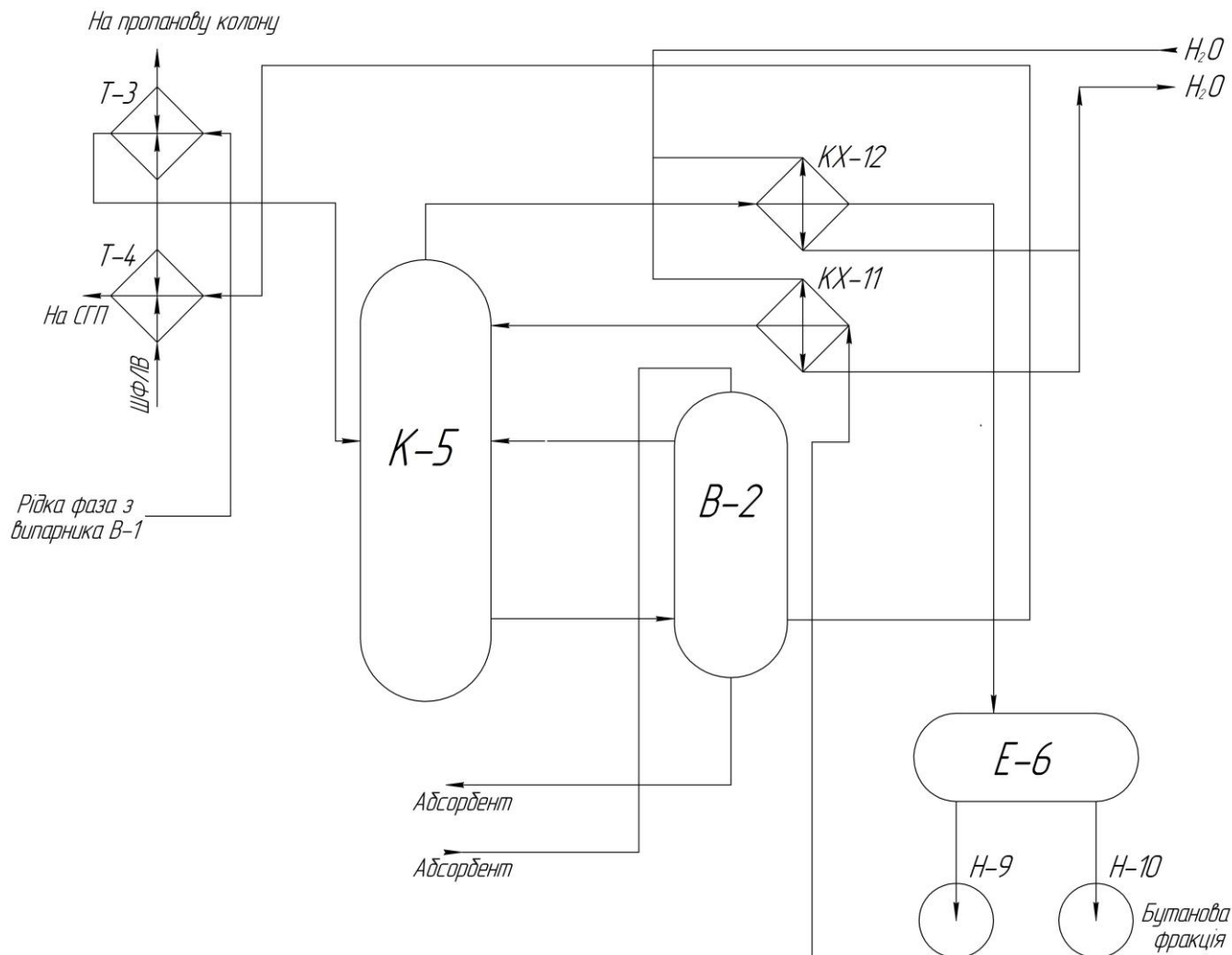
Назва показника	Значення
Фракційний склад, °С:	
- п.к. фракції, не нижче	36
- t <sub>10%</sub> , не вище	73
- t <sub>50%</sub> , не вище	108
- t <sub>90%</sub> , не вище	161
- тк.к., не вище	183
Вміст фактичних смол, мг/100мл продукту, не більше	0,4
Тиск насичених парів, кПа, не вище	74,8
Масова частка загальної сірки, %, не більше	0,02
Випробування на мідній пластині	Витримує
Вміст механічних домішок і води	Відсутність
Густина при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>	716
Колір	Безбарвний, прозорий

### 1.3 Аналіз технологічної схеми ГФУ (стабілізаційна колона), як об'єкта автоматизації

Технологічна схема стабілізаційної колони газофракційної установки наведена на рисунку 1.1. Рідка фаза, яка виходить із випарника В-1 послідовно

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проходить теплообмінник Т-3 та поступає на завантаження стабілізатора К-5.



Т-3, Т-4 - теплообмінники; К-5 - стабілізаційна колона; В-2 - випарник;

КХ-11, КХ-12 - конденсатори-холодильники; Е-6 - ємність

Рисунок 1.1 - Технологічна схема блоку стабілізації газофракційної установки

Стабілізатор К-5 оснащений ковпачковими тарілками у кількості 30 одиниць. Сировина у колону подається на 9, 11, 15 тарілки. Працює К-5 при тиску 0,5-0,8МПа, який підтримується за допомогою регулятора тиску.

У середині стабілізатора К-5 проходить розділення сировини на такі елементи:

- нижній продукт: стабільний газовий бензин;
- верхній продукт: бутанова фракція.

Із верху стабілізатора К-5 пара бутанової фракції проходять конденсатор - холодильник КХ-12 і сконденсувавшись, поступають в бутанову колону.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура верху стабілізатора підтримується в межах від 40 °С до 80 °С за допомогою подачі зрошення у стабілізатор. Зрошення подається за допомогою насосу Н-9 із ємності Е-6 спочатку через регулятор витрати і конденсатор-холодильник КХ-11. Решту частини бутанової фракції з ємності Е-6 перекачується насосом Н-10 на завантаження бутанової колони.

Температура нижньої частини стабілізатора К-5 підтримується у межах від 80 до 120°С за допомогою тепла наявного у випарнику В-2. У якості теплоносія застосовується гарячий абсорбент.

За допомогою регулятора витрати підтримується кількість теплоносія. Пара із випарника В-2 поступає у стабілізатор К-5, а нижній продукт із випарника В-2, стабільний газовий бензин проходить через теплообмінник Т-4 і далі поступає в ємності складу готової продукції (СГП).

#### 1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування

Технічні характеристики задіяного обладнання блоку стабілізації газофракційної установки подана в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Технічна характеристика технологічного обладнання

Назва обладнання	Позиція на схемі	Кількість	Технічна характеристика	Основні розміри, м
Стабілізаційна колона	К-5	1	$T = 100^{\circ} C(373K)$ ; $P = 0.8 \text{ МПа}$ ; $n = 30 \text{ шт.}$	$D_{\text{вн}} = 1.9$ ; $H = 18.5$
Ємність стабілізаційної колони	Е-6	1	$T = 30^{\circ} C(303K)$ ; $P = 0.6 \text{ МПа}$ .	$D_{\text{вн}} = 2.1$ ; $H = 7.61$ .
Випарник стабілізаційної колони	В-2	1	$T = 40^{\circ} C(313K)$ ; $P = 0.5 \text{ МПа}$ .	$D_{\text{вн}} = 1.6$ ; $H = 8.22$ .

Назва обладнання	Позиція на схемі	Кількість	Технічна характеристика	Основні розміри, м
Холодильник - конденсатор	КХ-11,12	2	$T = 20^{\circ} C (293K)$ ; $P = 0.3 \text{ МПа}$ .	$D_{\text{вн}} = 0.59$ ; $H = 6.96$ .
Теплообмінник пропанової колони	Т-3	1	$T = 200^{\circ} C (473K)$ ; $P = 1.6 \text{ МПа}$ .	$D_{\text{вн}} = 0.450$ ; $H = 6.704$
Підігрівач сировини пропанової колони	Т-4	1	$T = 200^{\circ} C (473K)$ ; $P = 1.6 \text{ МПа}$ .	$D_{\text{вн}} = 0.305$ ; $H = 6.742$

### 1.5 Параметри контролю і регулювання на установці

Регулювання і контроль параметрів блоку стабілізації газофракційної установки повинне здійснюватись за основними показниками роботи апаратів а також агрегатів, котрі впливають на якість продуктів а також для нормального проходження технологічного процесу.

#### 1.5.1 Тиск в колоні

Вибір тиску в стабілізаційній колоні зумовлений головним чином необхідним температурним режимом. Тиск в колоні підвищується в порівнянні з атмосферним, коли необхідно підвищити температуру в колоні, або знижується, коли температура в колоні повинна бути знижена. При зменшенні тиску в стабілізаційній колоні К-5 разом з верхнім продуктом (бутановою фракцією) будуть виходити і компоненти бензину газового стабільного.

Необхідність підвищення температури, а як наслідок, і тиску в ректифікаційних колонах, загалом, виникає при розділенні компонентів з низькими температурами кипіння, наприклад при ректифікації таких низькомолекулярних

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вуглеводнів, як пропан, бутан, ізобутан, пентан і ін.

Крім того, тиск в стабілізаційній колоні К-5 може бути зумовлений також роботою інших апаратів технологічної установки, а також опору апаратів і комунікацій, розташованих після ректифікаційної колони, наприклад випарника В-2. Тиск в колоні впливає також на її продуктивність. Зі збільшенням тиску питома продуктивність колони зростає, але значно погіршується продуктивність колони за бутановою фракцією. При більшому тиску необхідна більша товщина стінки корпуса колони, крім того, збільшуються затрати на перекачку сировини. Тиск в колоні регулюється автоматичним клапаном, що ставиться на лінії виводу продуктів.

### **1.5.2 Температура верха колони**

При аналізі температури верху стабілізаційної колони, слід звернути увагу на те, що при її збільшенні разом з низькокиплячим компонентом випаровується і частина висококиплячого компонента, за рахунок чого якість бутанової фракції значно погіршиться і її слід повернути назад в колону.

При зменшенні температури в колоні не повністю випаровується бутан. Температура регулюється кількістю зрошення, що подається з холодильника КХ-11 на верхню тарілку.

### **1.5.3 Температура низу колони**

При зменшенні температури низу колони К-5 з рідини не повністю випаровується бутан - разом з стабільним газовим бензином з колони буде виводитись і бутанова фракція. Якість бензину погіршиться, хоча вихід його зросте. При збільшенні температури низу колони разом з низькокиплячим компонентом випаровується і частина висококиплячого, за рахунок чого вихід бензину зменшується.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 1.5.4 Рівень рідини в колоні

Якщо не регулювати рівень в колоні К-5 то він повністю може вийти з колони, рідина може повністю залити колону і тоді процес ректифікації припиниться. Рівень рідини регулюється кількістю стабільного газового бензину, що виводиться з колони.

#### 1.5.5 Температура і витрата сировини

При збільшенні витрати сировини стабілізаційної колони К-5 зменшиться температура в колоні, що призведе до погіршення якості стабільного газового бензину і зменшення продуктивності колони за бутановою фракцією. При зменшенні витрати, температура в колоні зростає, внаслідок чого отримують неякісну бутанову фракцію. При збільшенні температури сировини знижується продуктивність колони за стабільним газовим бензином. Температура регулює кількість подачі ШФЛВ в теплообмінник Т-3.

В таблиці 1.6 подано характеристику параметрів регулювання на блоці стабілізації газофракційної установки.

Таблиця 1.6 - Параметри контролю блоку стабілізації на установці ГФУ

Назва	№ позиції на ФСА	Одиниця вимірювання	Межі коливання
Стабілізаційна колона К-5			
Тиск	8	МПа	Не більше 0,8
Температура:			
- верху колони	5	°С	40 - 80
- низу колони	12		80 - 120
Витрата сировини на вході	3	м <sup>3</sup> /год	35 - 50
Температура сировини на вході	1	°С	35 - 65
Рівень	10	%шк.Вт.пр.	20 - 40
Ємність Е-6			
Тиск	21	МПа	0,4 - 0,6
Рівень	23	%шк.Вт.пр.	20 - 80

Назва	№ позиції на ФСА	Одиниця вимірювання	Межі коливання
<b>Випарник бензину В-2</b>			
Температура на виході	15	°С	30 - 40
Тиск	17	МПа	0,3 - 0,5
Рівень	19	%шк.Вт.пр.	20 - 80

### 1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу

Використовуючи показники нових засобів автоматизації доцільним є обґрунтування заміни функціонуючої структури системи автоматизації. Удосконалення системи автоматизації яка існує або кардинальна її заміна повинна бути чітко обґрунтованою.

В роботі використовуватимемо контролери фірми «Мікрол». Дані контролери дозволяють вести різного роду регулювання. Засоби автоматизації використовуватимемо фірм «Метран» та «FISHER-ROSEMOUNT». Система, яка буде реалізована на основі таких технічних засобів дозволить безперервно та швидко контролювати і регулювати різноманітні параметри процесу. Один мікропроцесорний контролер дає можливість обслуговувати тільки один контур регулювання. Він включає у себе поєднання аналогових та дискретних входів та виходів. Забезпечує безударну зміну режимів, високу надійність та точність вихідного керуючого сигналу.

Для нижньої частини колони застосуємо каскадну автоматичну систему регулювання температури продукту, із використанням мікропроцесорного регулятора МІК-51. Ця система дасть можливість зменшити інертність системи. Саме таке застосування мікропроцесорного регулятора не допускає значного перерегулювання, забезпечує незначне відхилення регульованої величини від встановленого значення, а також веде до покращення якості системи регулювання.

Внаслідок якісного регулювання температури абсорбенту підвищується

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якість продукції, швидкодія системи регулювання. Це призводить до збільшення прибутків підприємства.

### **Висновки до розділу**

У розділі здійснено аналіз технологічного процесу стабілізації, як об'єкта автоматизації. Наведено суть та призначення процесу ректифікації, здійснено ґрунтовний опис роботи газофракційної установки. Здійснено вибір параметрів контролю і регулювання, а також подані характеристики технологічного обладнання установки.

Запропоновано методи регулювання температури на основі контролера фірми «Мікрол», засобів автоматизації таких фірм як «Метран» та «Rosemount». Незважаючи на необхідні капіталовкладення отримана система матиме кращі якості регулювання, що може дати можливість вивільнення коштів за рахунок зменшення кількості ремонтів, обслуговуючого персоналу та довговічності роботи.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАБІЛІЗАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ГАЗОФРАКЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

### 2.1 Аналіз математичних моделей ректифікаційних колон

Питання про кількісний, або як ще говорять, формальний опис властивостей явища або процесу виникає кожний раз, коли дослідник хоче зрозуміти або організувати вплив на це явище або процес. Роль такого опису відіграє модель (в більш строгому смислі - закон).

Математичні моделі, як правило, можна виразити мовою математики. Математична модель - це найсучасніша система рівнянь (алгебраїчних або диференціальних), а також нерівності, алгоритми, інколи графи, вершини яких - елементи системи, а дуги - зв'язки між ними та інші математичні структури, що описують оригінал.

Вивчення процесів нафтогазової промисловості на будь-якій установці являє собою фізичне моделювання, яке протягом довгого часу було основним методом дослідження. Найбільш універсальним є математичне моделювання, що розкриває невизначеність предмету дослідження через його модель.

На теперішній час досить явно виділяють дві тенденції в проведенні досліджень з математичного моделювання технологічних процесів. По перше - це отримання технологічних моделей, направлених на дослідження і розрахунок окремих технологічних процесів з метою їх оптимального проектування. Друга тенденція проявляється в створенні математичного опису, який орієнтується на вимоги, що обумовлені побудовою системи керування технологічними процесами.

Математичні моделі контактних пристроїв, до яких відноситься і стабілізаційна колона газофракційної установки, може бути побудована в залежності від прийнятих припущень. Для всіх моделей ректифікаційних колон приймають наступні припущення:

- 1) тиск на даному контактному пристрої постійний;
- 2) рідина знаходиться при температурі кипіння, пара при температурі точки

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роси;

3) суміші, що розділяються близькі до ідеальних;

4) фізико-хімічні властивості компонентів є сталими на даному контактному пристрої і є усередненими в можливому діапазоні зміни концентрацій.

Крім вищеперечислених допущень для кожного окремого випадку можуть бути прийняті і безпосередні допущення, характерні лише для даного випадку.

## 2.2 Формування мети регулювання та вимог до системи

Метою створення автоматичної системи керування є підтримання постійного за якістю складу газу на виході із пропанової колони.

Розроблювана система автоматичного регулювання має володіти наведеними нище показниками якості: перерегулювання до 25%; похибка апроксимації до 2,5%; відхилення керованої величини до 5%; степінь затухання коливань у межах від 0,75 до 0,95%; запас стійкості по амплітуді від 0,5 до 0,6; запас стійкості по фазі від 30° до 60°.

## 2.3 Вхідні і вихідні параметри стабілізаційної колони

Для побудови математичної моделі установки необхідно опис окремих частини установки доповнити рівняннями зв'язку. В якості таких рівнянь зазвичай використовують рівняння матеріального і теплового балансів для установки.

Об'єктом регулювання блоку стабілізації газофракційної установки є власне сама стабілізаційна колона, а саме температура низу колони. Температура низу колони підтримується в допустимих межах за рахунок тепла абсорбенту, що поступає з випарника.

В системі керування чітко повинні бути визначені цілі її функціонування, визначені і описані вхідні і вихідні величини. Всі вхідні змінні об'єкту керування діляться на такі групи:

1. керуючі впливи  $U_1$  та  $U_2$ . В якості керуючих розуміють впливи, за допомогою котрих можна змінити стан об'єкта керування у відповідності із метою

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керування. Керувальними впливами можуть бути матеріальні чи енергетичні потоки.

До вхідних величин відносять:

- $U_1$  - витрата зрошення, що подається на верх колони;
- $U_2$  - кількість теплоносія в випарнику.

На значеннях змінних  $U_1 \dots U_m$  є обмеження, які задаються технологічним регламентом.

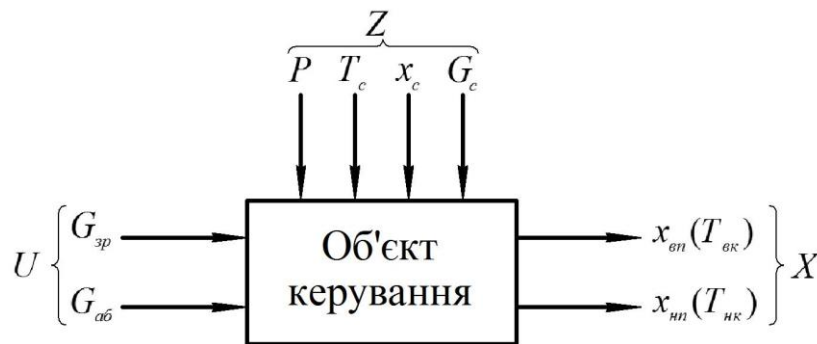
2. збурюючі впливи  $Z$  - це змінні, значення котрих випадково змінюються із ходом часу. Особливістю даних змінних є те, що їх впринципі неможливо виміряти. Сюди можна віднести:  $Z_1$ ,  $Z_2$  - кількість та температура сировини, яка поступає у колону,  $Z_3$  - коливання тиску у колоні, а також  $Z_4$  - склад вхідної сировини.

У якості вихідних змінних у ректифікаційній колоні являється концентрація бутанової фракції  $X_1$  а також концентрація нижнього продукту (стабільного газового бензину)  $X_2$ . Зображення керованого об'єкту у загальному вигляді приведені на рисунку 2.1.

З урахуванням того, що на вихідну змінну найлегше впливати зміною кількості абсорбенту, то приймемо, що тиск, склад, а також кількість та температура сировини являються постійними величинами. Отже отримаємо модель керованого об'єкта із одним входом та двома виходами, яка показана на рисунку 2.2.

Попередній аналіз об'єкта керування показав, що його математична модель може бути знайдена за допомогою експериментальних характеристик. Перш за все це пов'язано із тим, що під час аналітичного розрахунку передавальна функція об'єкта має складати систему диференціальних рівнянь, яка рівна кількості тарілок.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$T_c$  - температура вхідної сировини;  $P$  - тиск в колоні;  $x_c$  - склад вхідної сировини;  $G_{ab}$  - витрата абсорбенту;  $G_c$  - витрата сировини;  $G_{zp}$  - витрата зрошення, котре подається у верхню частину колоні;  $T_{vk}$ ,  $T_{nk}$  - температура верху а також низу колоні;  $x_{vn}$ ,  $x_{nn}$  - склад верхнього і нижнього продуктів;  $U$  - керуючі впливи;  $X$  - керовані величини;  $Z$  - збурення

Рисунок 2.1 - Зображення керуючих і збурюючих впливів на стабілізаційну колону



$G_{ab}$  - витрата абсорбенту, що подається в низ колоні;  $C_{bt}$  - кількість бутану в верхньому продукті;  $T_{nk}$  - температури низу стабілізаційної колоні

Рисунок 2.2 - Спрощена модель стабілізаційної колоні з одним входом і двома виходами

Отож доцільно використати інший метод для пошуку передавальної функції об'єкта тобто експериментальний метод визначення перехідної характеристики із подальшою її апроксимацією. При цьому ми керуємося такими особливостями:

- відсутні потрібні дані про вплив кількості сировини на якість готового продукту;
- немає теорії, котра дала б змогу отримати аналітичну модель процесу;
- дуже велика кількість змінних, котрі впливають на технологічний процес.

Оскільки математична модель не враховує всіх характеристик протікання процесу, то найбільш правильним способом отримання перехідних характеристик буде експериментальне дослідження.

## 2.4 Експериментальне дослідження динаміки стабілізаційної колони

Об'єктом регулювання дакної САК є ректифікаційна колона у котрій здійснюється розділення газу на фракції а також підтримання температури низу колони на заданому рівні. Для визначення динамічних характеристик є декілька способів, однак кожен спосіб включає три етапи: підготовка; проведення; обробка.

Ми застосуємо метод аперіодичних впливів (стрибок). Даний метод оснований на припущенні, що об'єкт дослідження лінійний, коли вхідна величина коливається у невеликих межах та, що динамічні властивості не змінні в часі, а вихідна змінна не залежна від просторових координат об'єкта. Метою для автоматичної системи керування є підтримання постійного якісного складу газу на виході з стабілізаційної колони.

### 2.4.1 Підготовка і планування експерименту

Першим нашим кроком буде виділення вхідної і вихідної змінних. Вхідним, параметром є відкриття регулюючого органу (РО), тобто кількість абсорбенту, що направляється у колону, а вихідним відповідно сигнал від вторинного приладу. Відкриттям РО наносимо вхідний вплив, фіксуючи в той же час зміну вихідної величини, а саме сигнал вимірювального перетворювача.

Наступним кроком у процесі підготовки та планування експерименту являється підготовка апаратури для реєстрації зміни вихідної змінної. Доцільно використовувати реєструючі прилади які мають “утоплений” нуль та розтягнуту прямокутну шкалу. Видом досліджуваного впливу у нашому випадку буде “стрибок” подачі кількості абсорбенту. Етап підготовки апаратури зводиться до вибору приладу, котрий реєструє зміну вихідної змінної. Клас точності в такому приладі має бути більшим 0.5 за умови найменшої зони нечутливості.

Проведення експерименту розпочинається з встановлення на об'єкті дослідження деякого режиму роботи, який є незмінним при попередньо вибраному деякому значенні вихідної змінної  $X_{вих0}$ . Потім наносять збурення, відкривають РО на 20-35% та починається реєстрація зміни вихідної величини, у нашому випадку

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури продукту у часі.

Процес дослідження вважається закінченим у випадку коли вихідна змінна з деякого конкретного моменту часу, залишається фактично незмінною. В даному випадку продукт нагрівається до температури 90 °С.

Отже експеримент починаємо з зміни витрати зрошення від мінімальних 25 м<sup>3</sup>/год до максимальних 35м<sup>3</sup>/год. Даною зміною забезпечується стрибкоподібна зміна вхідної величини. Зміну температури низу стабілізаційної колони, реєструємо вторинним приладом, а значення якості стабільного бензину дискретно вимірюємо хроматографом через кожних 100 секунд.

#### 2.4.2 Проведення і обробка результатів експерименту по каналу «витрата абсорбенту - температура низу колони»

Результати експерименту по каналу регулювання «витрата абсорбенту - температура низу колони» приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Результати експериментального дослідження за каналами «витрата абсорбенту- температура низу колони»

$t, c$	$G_{аб}, м^3 / год$	$T_{нк}, °C$	$t, c$	$G_{аб}, м^3 / год$	$T_{нк}, °C$
0	10	80,02	1200	10	88,68
100	10	80,02	1300	10	89,02
200	10	80,69	1400	10	89,20
300	10	81,47	1500	10	89,40
400	10	82,80	1600	10	89,60
500	10	83,97	1700	10	89,70
600	10	85,11	1800	10	89,90
700	10	86,00	1900	10	90
800	10	86,81	2000	10	90
900	10	87,44	2100	10	90
1000	10	87,91	2200	10	90
1100	10	88,31	2300	10	90

Відповідно до таблиці 2.1 здійснимо побудову експериментальної перехідної характеристики по каналу регулювання «витрата абсорбенту - температура низу колони», яка наведена на рисунку 2.3.

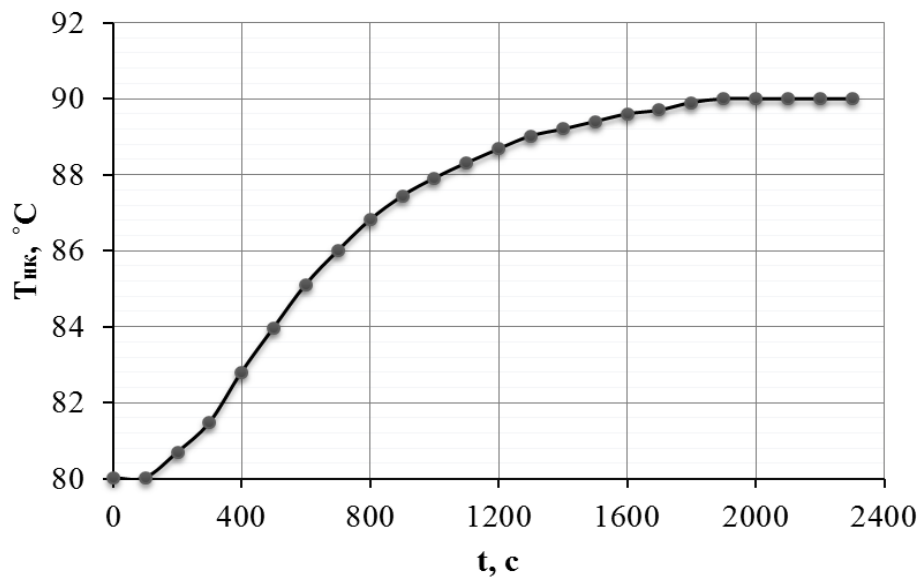


Рисунок 2.3 - Експериментальна характеристика за каналом регулювання «витрата абсорбенту - температура низу колони»

Експериментальну перехідну характеристику, отриману по каналу регулювання «витрата абсорбенту - температура низу колони» в результаті проведеного експерименту (таблиця 2.1), переведемо до безрозмірних величин. Загальні формули переходу від розмірних до безрозмірних величин мають наступний символічний вигляд:

$$X_{\text{вх}i}^* = \frac{X_{\text{вх}i} - X_{\text{вх}o}}{X_{\text{вх} \max} - X_{\text{вх}o}}, \quad (2.1)$$

$$Y_{\text{вих}i} = \frac{Y_{\text{вих}i} - Y_{\text{вих}o}}{Y_{\text{вих} \max} - Y_{\text{вих}o}}, \quad (2.2)$$

де  $X_{\text{вх}i}$ ,  $Y_{\text{вих}i}$  - біжуче значення вхідної і вихідної величини в розмірних одиницях;

$X_{\text{вх}o}$ ,  $Y_{\text{вих}o}$  - значення вхідних та вихідних величин у розмірних одиницях до моменту нанесення збурення на об'єкт керування;

$X_{\text{вх} \max}$  - максимальне значення вхідної величини в розмірних одиницях після закінчення перехідного процесу.

$$Y_{\text{вix0}} = \frac{80,02 - 80,02}{90 - 80,02} = 0;$$

$$Y_{\text{вix1}} = \frac{80,02 - 80,02}{90 - 80,02} = 0;$$

$$Y_{\text{вix2}} = \frac{80,69 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,067;$$

$$Y_{\text{вix3}} = \frac{81,47 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,145;$$

$$Y_{\text{вix4}} = \frac{82,80 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,279;$$

$$Y_{\text{вix5}} = \frac{83,97 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,396;$$

$$Y_{\text{вix6}} = \frac{85,11 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,510;$$

$$Y_{\text{вix7}} = \frac{86 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,599;$$

$$Y_{\text{вix8}} = \frac{86,81 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,680;$$

$$Y_{\text{вix9}} = \frac{87,44 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,743;$$

$$Y_{\text{вix10}} = \frac{87,91 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,790;$$

$$Y_{\text{вix11}} = \frac{88,31 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,830;$$

$$Y_{\text{вix12}} = \frac{88,68 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,868;$$

$$Y_{\text{вix13}} = \frac{89,02 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,902;$$

$$Y_{\text{вix14}} = \frac{89,20 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,920;$$

$$Y_{\text{вix15}} = \frac{89,40 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,940;$$

$$Y_{\text{вix16}} = \frac{89,60 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,960;$$

$$Y_{\text{вix17}} = \frac{89,70 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,970.$$

$$Y_{\text{вix18}} = \frac{89,90 - 80,02}{90 - 80,02} = 0,99;$$

$$Y_{\text{вix19}} = \frac{90 - 80,02}{90 - 80,02} = 1;$$

$$Y_{\text{вix20}} = \frac{90 - 80,02}{90 - 80,02} = 1;$$

$$Y_{\text{вix21}} = \frac{90 - 80,02}{90 - 80,02} = 1;$$

$$Y_{\text{вix22}} = \frac{90 - 80,02}{90 - 80,02} = 1;$$

$$Y_{\text{вix23}} = \frac{90 - 80,02}{90 - 80,02} = 1;$$

$$X_{\text{вx}} = 1.$$

Зведемо одержані дані у таблицю 2.2.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Результати проведеного експерименту у безрозмірних одиницях по каналу «витрата абсорбенту - температура низу колони»

$t, c$	$X_{ex}$	$Y_{вих}$	$t, c$	$X_{ex}$	$Y_{вих}$
0	1	0	1200	1	0,868
100	1	0	1300	1	0,902
200	1	0,067	1400	1	0,920
300	1	0,145	1500	1	0,940
400	1	0,279	1600	1	0,960
500	1	0,396	1700	1	0,970
600	1	0,510	1800	1	0,990
700	1	0,599	1900	1	1
800	1	0,680	2000	1	1
900	1	0,743	2100	1	1
1000	1	0,790	2200	1	1
1100	1	0,830	2300	1	1

Згідно обрахованих даних побудуємо перехідну характеристику у безрозмірних одиницях за каналом регулювання «витрата абсорбенту - температура низу колони» (рисунок 2.4).

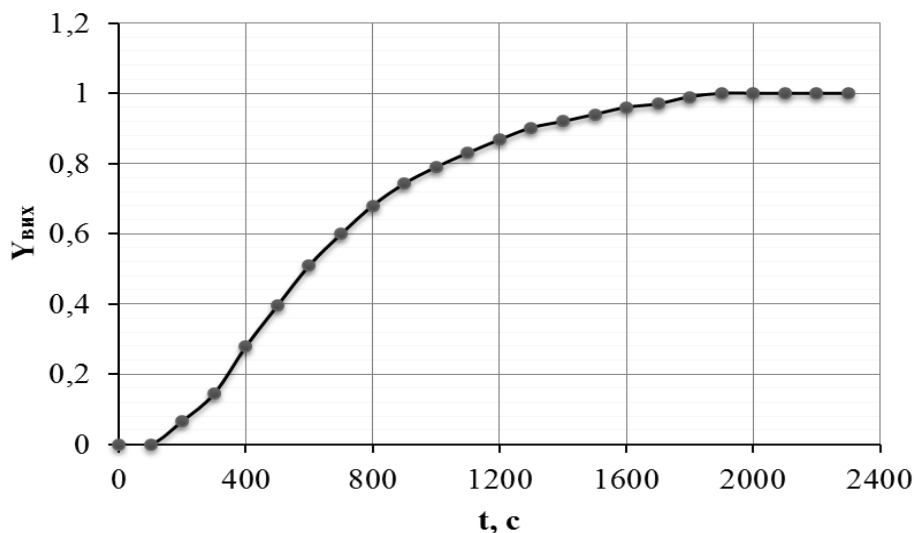


Рисунок 2.4 - Експериментальна перехідна характеристика по каналу регулювання «витрата абсорбенту - температура низу колони»

В безрозмірних одиницях апроксимуємо дану перехідну характеристику за допомогою продукту Аргох. На основі результатів (додаток А1) передавальна функція по каналу регулювання «витрата абсорбенту - температура низу колони» матиме наступний вигляд:

$$W_0(p) = \frac{-53,705p + 1}{119618,799p^2 + 638,694p + 1} \quad (2.3)$$

В точці  $t = 600$  с похибка апроксимації буде максимальною і рівною  $\delta = 1,9\%$ .

### 2.4.3 Проведення і обробка результатів експерименту по каналу «витрата абсорбенту - якість стабільного газового бензину»

Результати експерименту подано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати експериментального дослідження за каналом «витрата абсорбенту-якість стабільного газового бензину»

$t, c$	$G_{аб}, M^3 / год$	$C_{ом}, \%$	$t, c$	$G_{аб}, M^3 / год$	$C_{ом}, \%$
0	10	93,02	1000	10	98,51
100	10	94,78	1100	10	98,55
200	10	96,12	1200	10	98,55
300	10	96,97	1300	10	98,58
400	10	97,55	1400	10	98,58
500	10	97,91	1500	10	98,60
600	10	98,15	1600	10	98,60
700	10	98,31	1700	10	98,60
800	10	98,4	1800	10	98,60
900	10	98,47			

Експериментальну перехідну характеристику за каналом регулювання «витрата абсорбенту-якість стабільного газового бензину» побудуємо в відповідності із таблицею 2.3 (рис. 2.5).

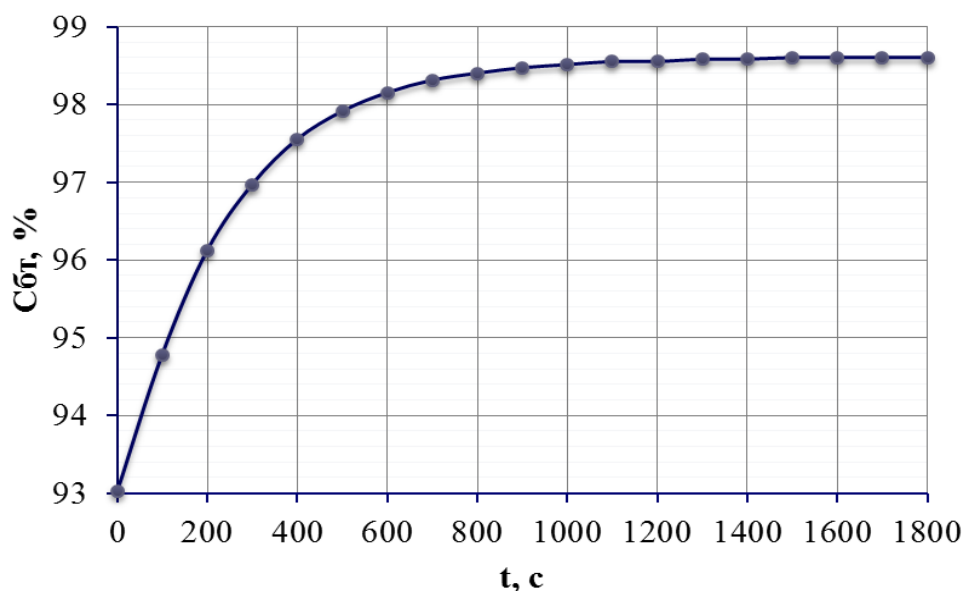


Рисунок 2.5 - Перехідна характеристика за каналом регулювання «витрата абсорбенту-якість стабільного газового бензину»

У результаті здійсненого експерименту (таблиця 2.3) отримано експериментальну перехідну характеристику, яку переведемо до безрозмірних значень за допомогою формул 2.1 і 2.2:

$$Y_{вих0} = \frac{93,02 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0;$$

$$Y_{вих1} = \frac{94,78 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,3154;$$

$$Y_{вих2} = \frac{96,12 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,556;$$

$$Y_{вих3} = \frac{96,97 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,7079;$$

$$Y_{вих4} = \frac{97,55 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,8118;$$

$$Y_{вих5} = \frac{97,91 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,8763;$$

$$Y_{вих6} = \frac{98,15 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,9193;$$

$$Y_{вих7} = \frac{98,31 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,948;$$

$$Y_{вих8} = \frac{98,4 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,9642;$$

$$Y_{вих9} = \frac{98,47 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,9767;$$

$$Y_{вих10} = \frac{98,51 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,9839;$$

$$Y_{вих11} = \frac{98,55 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,991;$$

$$Y_{вих12} = \frac{98,55 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,991;$$

$$Y_{вих13} = \frac{98,58 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,9964;$$

$$Y_{вих14} = \frac{98,58 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 0,9964;$$

$$Y_{вих15-18} = \frac{98,60 - 93,02}{98,60 - 93,02} = 1;$$

$$X_{ex} = 1.$$

Таблиця 2.4 – Зведені результати експерименту за каналом «витрата абсорбенту-якість стабільного газового бензину»

$t, c$	$X_{ex}$	$Y_{вих}$	$t, c$	$X_{ex}$	$Y_{вих}$
0	1	0	1000	1	0,9839
100	1	0,3154	1100	1	0,991
200	1	0,556	1200	1	0,991
300	1	0,7079	1300	1	0,9964
400	1	0,8118	1400	1	0,9964
500	1	0,8763	1500	1	1
600	1	0,9193	1600	1	1
700	1	0,948	1700	1	1
800	1	0,9642	1800	1	1
900	1	0,9767			

Відповідно до даних наведених у таблиці вище виконаємо побудову експериментальної перехідної характеристики за каналом регулювання «витрата абсорбенту-якість стабільного газового бензину» (рисунок 2.6).

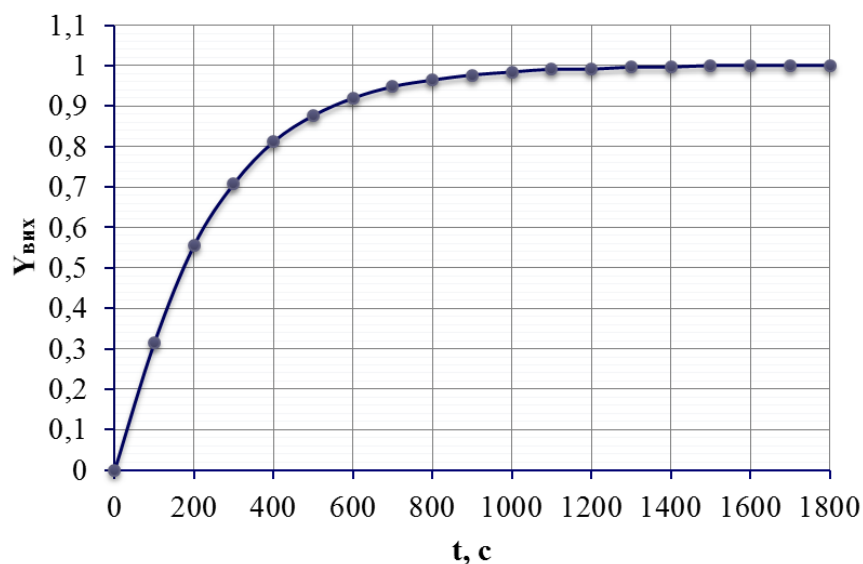


Рисунок 2.6 - Перехідна характеристика за каналом регулювання «витрата абсорбенту-якість стабільного газового бензину» в безрозмірних одиницях

Як видно з результатів апроксимації (додаток А2) передавальна функція по каналу регулювання «витрата абсорбенту - якість стабільного газового бензину» матиме вигляд:

$$W_1(p) = \frac{1,0}{243,6 + 1,0p}. \quad (2.4)$$

Похибка апроксимації в точці  $t = 100$  с є максимальною і рівна  $\delta = 2,06\%$ .

### **Висновки до розділу**

В розділі наведений аналіз математичних моделей ректифікаційних колон, а зокрема стабілізаційної колони. Визначено входні та вихідні величини керованого об'єкта, котрим є стабілізаційна колона, а метою регулювання є підтримання якості нижнього продукту.

Було проведене експериментальне дослідження динаміки об'єкта, в результаті чого було сплановано та проведено експерименти по двох каналах:

- по каналу «витрата абсорбенту - температура низу колони»;
- по каналу «витрата абсорбенту - якість стабільного газового бензину».

Отримано перехідні характеристики за каналами регулювання. За допомогою Аргох було проведено апроксимацію і отримано передавальні функції.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Дослідження технологічного об'єкта для створення ефективної системи автоматичного керування

Розглянемо як об'єкт регулювання стабілізаційну колону газофракційної установки.

Мета автоматичного регулювання в ректифікаційних колонах полягає у досягненні необхідної чіткості розділу вихідної суміші за максимально можливою інтенсивністю та економічністю. Дана задача являється складною внаслідок недостатньої дослідженості динаміки процесу та великого числа факторів, котрі впливають на досліджуваний процес ректифікації. У даний час надзвичайно важко говорити про один метод для регулювання ректифікаційної колони, котрий був би найбільш оптимальним та в однаковій мірі задовільняв вирішення поставленої задачі для усіх без винятку колон. Оскільки ректифікаційна колона входить до складу різноманітних технологічних установок, то й схеми їхнього регулювання можуть бути різними.

Для вибору об'єкту автоматизації проаналізуємо процес, що проходить на блоці стабілізації. Згідно технології виробництва сировина певної температури поступає в колону. В колоні встановлені певні температури верху і низу. Температура верху колони регулюється за рахунок подачі зрошення. Температура низу колони К-5 підтримується на заданому рівні (80-120 °С) за рахунок тепла абсорбенту, що подається з випарника В-2.

Для отримання цільового і якісного продукту стабілізаційної колони необхідно підтримувати витрату сировини, що поступає, в точно заданих межах. Саме через це можемо дійти до висновку, що найбільш важливим моментом є подача абсорбенту в низ колони К-5.

Отже, для удосконалення і дослідження системи автоматизації вибираємо стабілізаційну колону, як об'єкт автоматизації.

Одночасне виконання чіткості розділення, інтенсивності та економічності

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесу здебільшого є неможливим. Інтенсивність, а також економічність процесу зазвичай визначається продуктивністю колони та прийнятим ступенем розділу. Як відомо продуктивність колони обмежена та залежить від швидкості руху парів. Чим вища дана швидкість, тим ефективнішим є контакт парової і рідкої фази на тарілках, а отже розділення компонентів буде кращим. З іншої сторони, у випадку вищої швидкості парів за допустиму збільшується механічний винос рідини на вищостоячі тарілки, а отже якість ведення процесу погіршується. Отже підхід до вирішення задачі регулювання колон у певному окремому випадку має бути диференційованим та підпорядковуватись вимогам певного технологічного процесу.

Досить легко піддаються регулюванню колони, які призначені для розділу бінарних сумішей лише з верхнім чи нижнім цільовим продуктом.

У нафтопереробних і нафтохімічних процесах більше доводиться мати справу із багатокомпонентними сумішами. Базовим збурюючим фактором під час розділу багатокомпонентних сумішей являються: витрата та склад живлення, температура верху та низу колони, тиск у колоні. Саме тому усі схеми регулювання колон забезпечуть усунення збурюючих дій.

Отже, одержання цільових продуктів встановленого складу можливе тільки при умові хорошого регулювання процесу ректифікації, який представляє собою доволі важку задачу:

- значний час запізнення ректифікаційної колони, що обумовлено значним числом тарілок;
- неможливість аналізу хімічного складу продуктів розділу;
- результати взаємодії деяких параметрів технологічного процесу;
- формулювання чітких і зрозумілих вимог, які ставляться до параметрів технологічного процесу;
- наявність збурень процесу ректифікації.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Дослідження оптимальних параметрів регулятора у одноконтурній САК

Доцільно звернути увагу на те, що оптимальний розв'язок проблеми знаходження оптимальних параметрів налаштування регуляторів у оптимальних межах забезпечує можливість одразу запуснути будь-яку установку без проведення численних випробувань та зекономити значні матеріальні кошти та часові ресурси.

Стабілізаційна колона (керований об'єкт) потребує високої точності регулювання базових технологічних параметрів. Найбільше це стосується питання регулювання температури низу колони, автоматичну систему саме якої розглядаємо для дослідження.

На рисунку 3.1 наведена спрощена схема апарату при використанні одноконтурної САК.

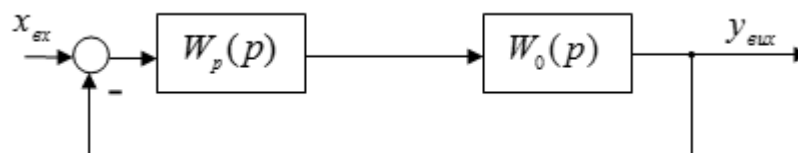


Рисунок 3.1 – Символьна структура одноконтурної САК

Використаємо ПІ-регулятор для регулювання температури. У загальному вигляді передавальна функція такого регулятора матиме наступний вигляд:

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

Визначення параметрів регулятора  $C_1$ ,  $C_0$  виконаємо за допомогою використання функції Tune програмного пакету MATLAB. Згідно з додатком Б1 одержимо:  $K_p = C_1 = 0.53951$ ,  $K_i = C_0 = 0.0012826$ . Отже:

$$W_p(p) = \frac{0.53951p + 0.0012826}{p}.$$

У загальному передавальна функція розімкненої системи матиме такий вигляд:

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

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

Пошук параметрів налаштування допоміжного ПІ-регулятора здійснимо також за допомогою програмного продукту Matlab.

У якості регулятора виберемо ПІ-регулятор.

Відповідно до результатів додатку Б2 отримаємо  $K_p = C_1 = 6,8824$ ,  $K_i = C_0 = 0,17946$ .

$$W_p^e(p) = \frac{6,8824p + 0,17946}{p}.$$

Функція передачі основного (зовнішнього) регулятора є наступною:

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

Здійснивши арифметичні обрахунки одержимо таку функцію передачі:

$$W_e'(p) = \frac{-90039.2595p^3 - 1040.8589p^2 + 40.96p + 0.17946}{2.9139 \cdot 10^7 p^4 + 1.0985 \cdot 10^6 p^3 + 26744.8312p^2 + 122.5024p + 0.17946}.$$

Виконаємо розрахунок параметрів налаштування ПІ-регулятора функцією Tune з програми Matlab. Із додатку Б3 бачимо, що оптимальні параметри наступні:

$$W_p^3(p) = \frac{1,2634p + 0,0045622}{p}.$$

Еквівалентну передавальну функцію каскадної АСР знайдемо за допомогою співвідношення:

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

Здійснивши арифметичні обрахунки одержимо таку функцію передачі:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{-113755,6p^4 - 1725,798p^3 + 47,0015p^2 + 0,414p + 0,0008187}{2,9139 \cdot 10^7 p^5 + 984713,479p^4 + 25019,033p^3 + 169,504p^2 + 0,5931p + 0,0008187}.$$

### 3.4 Дослідження на стійкість одноконтурної САК

Система стійка у випадку коли годограф Михайлова пройде  $n$  квадрантів де  $n$  степінь характеристичного рівняння.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристичний поліном матиме такий вигляд:

$$F(p) = 119618,7990p^3 + 609,7240p^2 + 1,47063p + 0,0012826.$$

Виконаємо прирівняння до нуля:

$$119618,7990p^3 + 609,7240p^2 + 1,47063p + 0,0012826 = 0.$$

Виконаємо заміну  $p = j\omega$ :

$$-119618,7990j\omega^3 - 609,7240\omega^2 + 1,47063j\omega + 0,0012826 = 0.$$

Виокремимо дійсну а також уявну частини з поліному:

$$P(\omega) = -609,724\omega^2 + 0,0012826;$$

$$Q(\omega) = -119618,799\omega^3 + 1,47063\omega.$$

Побудову годографа Михайлова здійснимо за допомогою програмного продукту Mathcad (додаток В1). Оскільки годограф проходить три квадранти, то відповідно до критерію стійкості Михайлова система являтиметься стійкою.

### 3.5 Дослідження стійкості каскадної САК

Виокремимо характеристичний поліном з передавальної функції каскадної САК:

$$F(p) = 29139000p^5 + 984713,4790p^4 + 25019,033p^3 + 169,504p^2 + 0,5931p + 0,0008187.$$

Виконаємо прирівняння до нуля:

$$29139000 \cdot 10^7 p^5 + 984713,479 p^4 + 25019,0330 p^3 + 169,504 p^2 + 0,5931 p + 0,0008187 = 0.$$

Виокремимо дійсну а також уявну частини з поліному:

$$29139000j\omega^5 + 984713,479\omega^4 - 25019,033j\omega^3 - 169,504\omega^2 + 0,5931j\omega + 0,0008187 = 0.$$

Виокремимо дійсну а також уявну частини з поліному:

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P(\omega) = 984713,479\omega^4 - 169,504\omega^2 + 0,0008187;$$

$$Q(\omega) = 2,9139 \cdot 10^7 \omega^5 - 25019,033\omega^3 + 0,5931\omega.$$

Аналогічним способом отримаємо годографа Михайлова, який наведений у додатку В2. Годограф проходить п'ять квадрантів, отже система стійка.

### 3.6 Оцінка якості керування за перехідними характеристиками

Саме за графіком перехідного процесу оцінюватимемо якість системи керування. При цьому використаємо програмний продукт Matlab, за допомогою якого здійснимо побудову графіків перехідних процесів для одноконтурної та каскадної систем регулювання (рис. 3.3, 3.4).

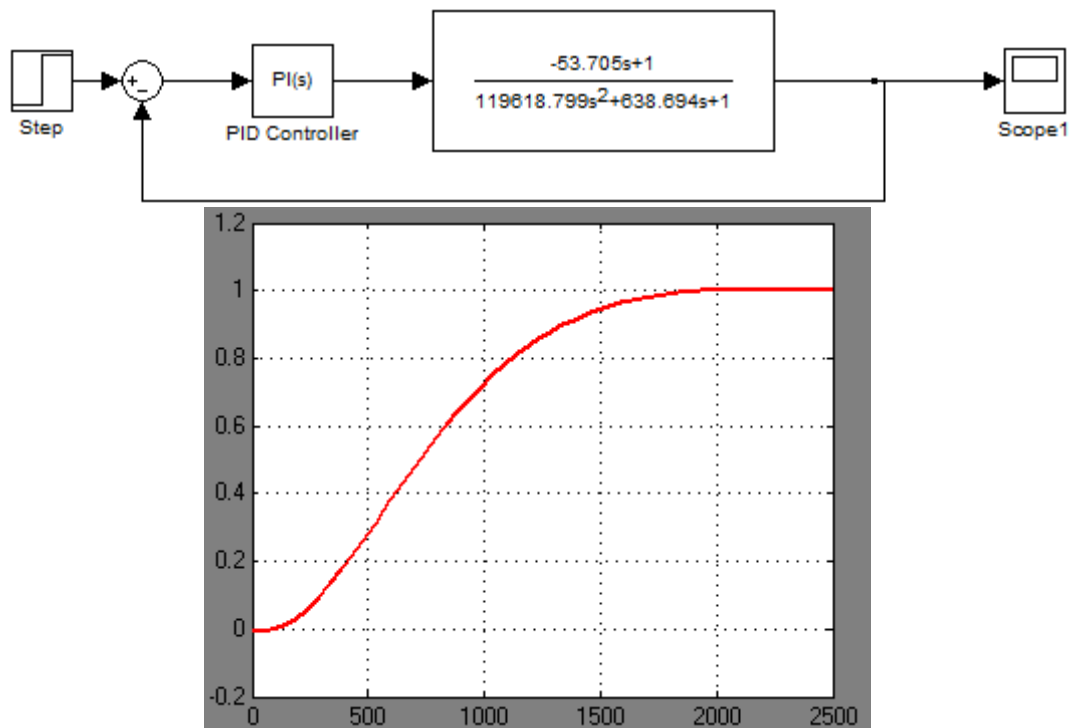


Рисунок 3.3 – Графік перехідної характеристики одноконтурної САК  
Оцінку якості системи здійснимо за такими показниками:

- тривалість процесу:

$$t_n = 1900,0 \text{ с};$$

- величина перерегулювання:

$$\delta = 0\% ;$$

- час наростання:

$$t_n = 1900,0 \text{ с};$$

- час отримання першого максимуму:

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_M = 1900,0 \text{ с.}$$

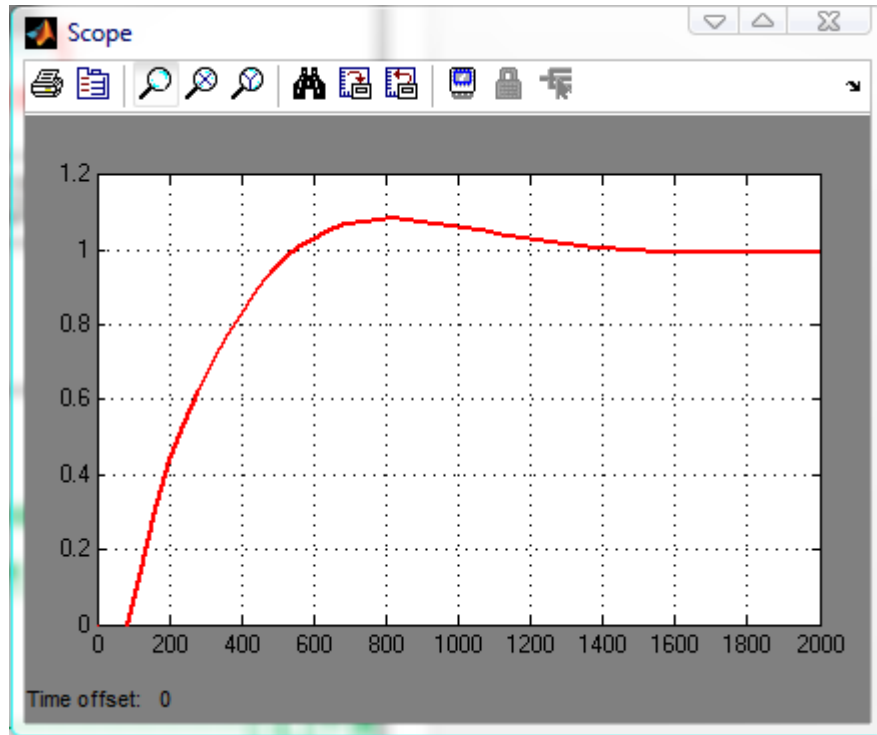
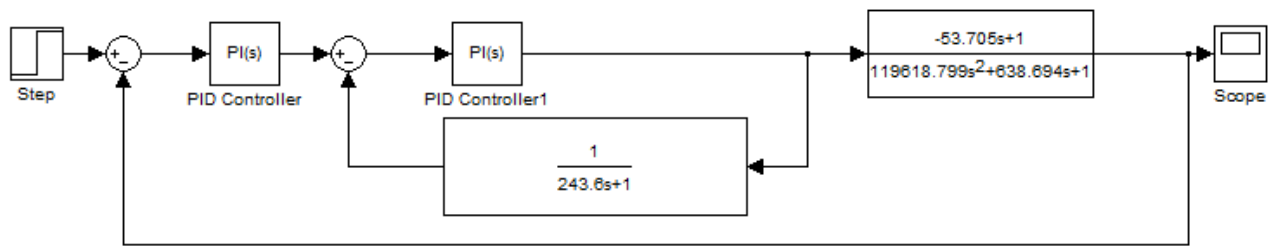


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика каскадної системи регулювання

Оцінку якості системи здійснимо за такими показниками:

- тривалість процесу:

$$t_n = 1500,0 \text{ с;}$$

- величина перерегулювання:

$$\delta = 10\% ;$$

- час наростання:

$$t_n = 550,0 \text{ с;}$$

- час отримання першого максимуму:

$$t_M = 800,0 \text{ с.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### **Висновки до розділу**

Проведено аналіз і синтез САК. За допомогою функції Tune з програми Matlab визначено оптимальні параметри налаштування регуляторів для систем керування. Виконано аналіз стійкості систем керування. Оцінку якості системи здійснено за допомогою програмного продукту Matlab в якому здійснено моделювання системи керування.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 РОЗВИТОК САК НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Створення САК у даний час будується на основі застосування інтелектуальних систем, для яких неможливе функціонування без застосування промислових комп'ютерів та мікропроцесорних контролерів.

У даний час автоматизована система управління технологічними процесами (АСУ ТП) представляє собою деяку багаторівневу людино-машинну систему автоматичного керування. Побудова АСУ виконується на основі застосування автоматичних інформаційних систем призначених для збору а також обробки даних.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) представляє з себе пакет прикладних програм, котрі призначаються для забезпечення функціонування систем для збору в режимі реального часу.

SCADA представляє собою частину автоматизованої системи управління технологічними процесами та застосовується у найрізноманітніших галузях промисловості.

Пакет програм вийшла далеко за рамки традиційного уявлення системи класу SCADA та об'єднує у себе повний комплект засобів які призначаються для розроблення ефективних систем автоматизації технологічних процесів (АСУТП) і управління бізнес - процесами виробництва (АСУП).

Скада система підтримує широкий набір даних, саме тому вона стала більше схожа на деяке універсальне середовище, яке призначене для візуального програмування.

Скада складається із середовища призначеного для розробки, в котрому відбувається створення проектів систем АСУ а також набору виконавчих модулів, котрі забезпечують роботу цілої системи в реальному масштабі часу.

Скада містить у своєму складі бібліотеку приблизно з 150 алгоритмів оброблення даних а також керування, у тому числі такі фільтрації як: PDD, PID, нечітке, позиційне, модальне регулювання, арифметичні, логічні, алгебраїчні,

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

статистичні, тригонометричні функції.

Одним із перших етапів побудови проекту являється створення проекту у базі каналів SCADA системи. Наступним кроком являється побудова графічного зображення SCADA-системи у редакторі (рис. 4.1) у якому за допомогою наявних у скада системі статичних та динамічних об'єктів формуємо необхідне візуальне зображення SCADA-системи розроблюваного проекту.

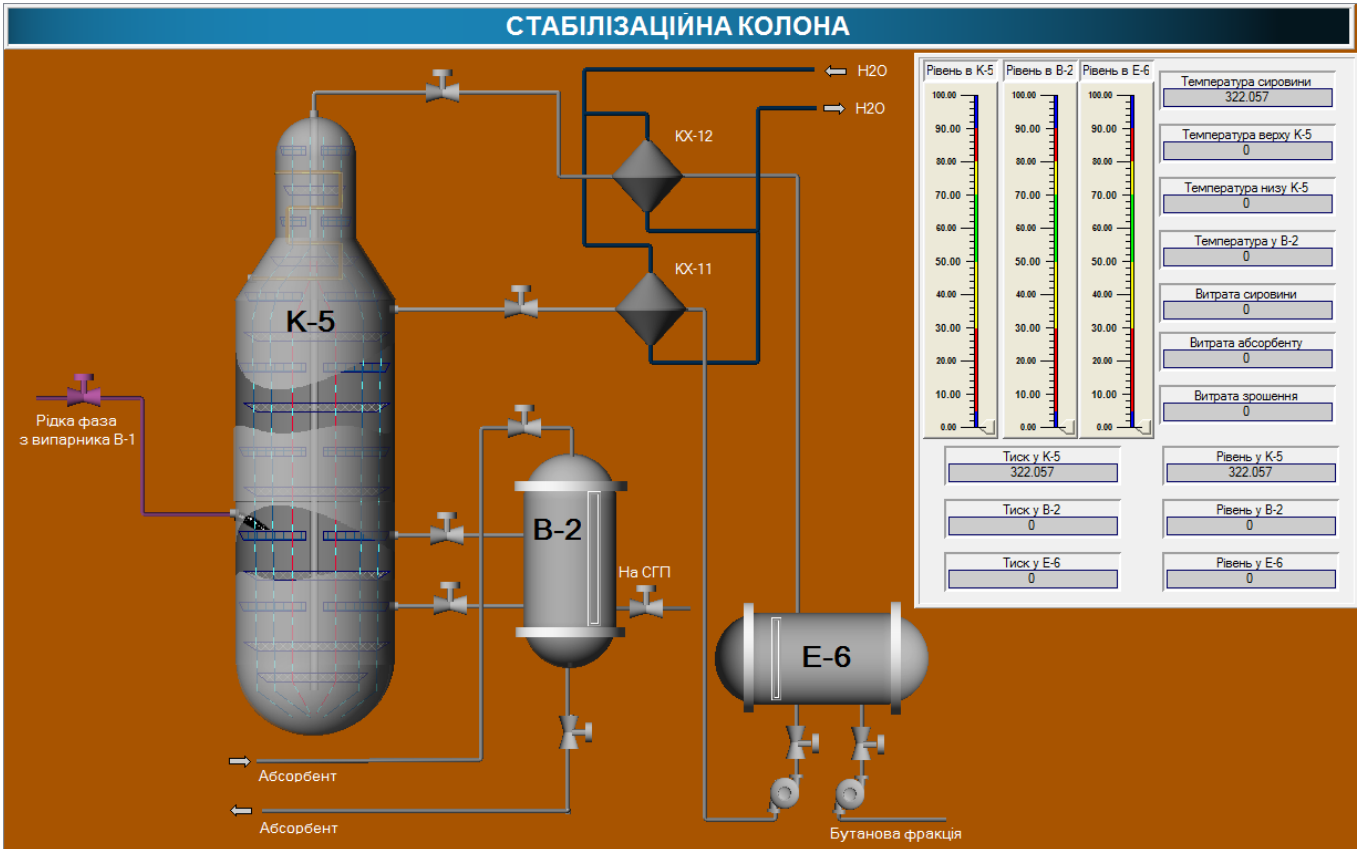


Рисунок 4.1 - SCADA система стабілізаційної колони газофракційної установки  
Зв'язок контролера з програмним продуктом здійснено через OPC контролер.

### Висновки до розділу

В цьому розділі проведено опис розробленої в SCADA системі мнемосхеми стабілізаційної колони газофракційної установки.

## 5 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ САК

### 5.1 Структурна схема ієрархічної системи керування стабілізаційної колони

Якщо говорити про сучасні системи САПР (системи автоматизованого проектування), без яких не може обійтися жодне промислове підприємство, чия продукція вимагає конструкторської документації.

Перш ніж створювати структурну схему, потрібно чітко розібратись в її призначенні. Структурні схеми призначені для визначення систем контролю а також управління технологічним процесом даного об'єкта а також встановити зв'язки між щитами, пультами управління, оперативними робочими станціями і описати адміністративно-технічну суть централізованого управління об'єктом.

Структурною схемою називається зображення структури управління. Дана структура управління є основним проектним документом. Ним установлюються оптимальні канали оперативного управління технологічним процесом для досягнення високих показників експлуатації.

На структурній схемі відображені основні проектні рішення по організаційній, функціональній і технічній структурах АСК.

Автоматизовану систему управління розробимо із врахуванням наступних вимог:

- система повинна забезпечувати надійну та продуктивну роботу підприємства, виконуючи функції управління, пов'язані із регулюванням змінними і захистом процесу і обладнання;
- система повинна забезпечувати видачу інформації, котра необхідна для обліку та керівництва роботою підприємства;
- система повинна забезпечувати взаємодію оператора та обслуговуючого персоналу з процесом та автоматизованим обладнанням.

Досягнення мети керування можливе за допомогою двохрівневої системи управління (рисунок 5.1):

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- I рівень - місцеве керування агрегатами, котре виконується із робочих постів;
- II рівень - централізоване управління, що входять в технологічний процес.



I - перший рівень; II - другий рівень

Рисунок 5.1 - Структура САК

До систем, які мають тип SCADA чи DCS в ієрархії керування виробничими процесами відносять до нижньої групи задач. Обидва типи систем відносяться до класу Man-Machine Interface (ММІ), що у перекладається як «людино-машинний інтерфейс». У напрямку двостороннього зв'язку цим являється «оператор технологічне устаткування». ММІ системи дедалі частіше носять назву Human-Machine Interface (НМІ).

Всі технологічні системи повинні забезпечувати:

- збір і збереження даних, що надходять з різних технологічних ділянок/цехів, що відображають оперативну інформацію про стан технологічного процесу;
- візуалізація виробничого процесу з наданням кількісних характеристик у всіх контрольних чи вузлових точках технологічного процесу;
- дистанційний контроль і керування технологічними процесами;
- моніторинг поточного стану основних фондів виробництва;
- визначення і збереження на інтеграційному рівні технологічних даних. У максимальному варіанті це реєстрація всіх технологічних даних, що найчастіше здійснюється, і тільки після деякого експлуатаційного періоду визначаються

необхідні дані.

І тут на допомогу приходять SCADA, MES-системи. Система MES (Manufacturing Execution System) - це система керування виробництвом, що зв'язує воедино всі бізнес-процеси підприємства з виробничими процесами, оперативно поставляє об'єктивну і докладну інформацію користувачу.

Система здійснює керування виробничими процесами. Відслідковує заданий виробничий процес, а також автоматично вносить коректування чи пропонує відповідне рішення оператору для виправлення підвищення якості поточних робіт.

## **5.2 Підбір а також обґрунтування технічних засобів автоматизації**

Виконавши аналіз технологічного об'єкту, особливості його роботи, вимоги до параметрів та загальний рівень автоматизації здійснимо вибір технічних засобів автоматизації. Комплекс технічних засобів (ТЗ) включає в себе: засоби отримання інформації про стан процесу; засоби передачі і формування інформації; засоби представлення інформації персоналу.

Вибираючи технічні засоби (ТЗ), враховуємо фактори метрологічного та режимного характеру:

- границю вимірювання;
- вплив параметрів досліджуваного середовища та довкілля на роботу приладу;
- інерційність давачів;
- відстань між давачами і операторною, на яку можна передавати інформацію;
- можливість застосування давача з погляду на вибухо- та пожежонебезпечність.

Система автоматизації ГФУ стабілізаційної колоони вимагає застосування таких ТЗА:

- первинні перетворювачі температури, тиску, витрат та рівня;
- мікропроцесорні індикатори;

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконавчі механізми;
- мікропроцесорний контролер.

### 5.2.1 Вибір індикатора

У технологічних процесах для показу значень технологічних параметрів використовуються прилади ІТМ-11 (рис. 1.1). Ці прилади обладнані також функцією сигналізації та інтерфейсом зв'язку RS-485.



Рисунок 5.2 - Передня панель ІТМ-11

Індикатор технологічний мікропроцесорний ІТМ-11:

- Універсальні багатофункціональні та одноканальні індикатори значень технологічних параметрів.

- Модифікації ІТМ-11 - горизонтальне виконання з цифровим дисплеєм і лінійним сегментним індикатором (31 сегмент).

Область застосування:

- Системи цифрового і лінійної індикації технологічних параметрів.
- Двопозиційне, трипозиційне і багатопозиційне регулювання температури, тиску, витрат, рівня й інших фізичних величин.
- Дистанційні пристрої зв'язку з об'єктом керування.
- Територіально розподілені і локальні системи управління.
- Місцеві щити та пульти керування, мнемосхеми і т.п.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Функціональні можливості:

- Робота з уніфікованими сигналами, термоперетворювачами опору, термopарами.
- Кожен аналоговий вхід може бути налаштований на підключення будь-якого типу датчика.
- Відображення технологічних параметрів у одиницях вимірювання на цифрових індикаторах.
- Можливість цифрового калібрування початку шкали а також діапазону вимірювання.
- Сигналізація відхилення від установок мінімум і максимум на передній панелі приладу.
- Функція вимірювання інтегральної витрати.
- Лінеаризація вхідного сигналу (по 16 точкам):
- Конфігуровані дискретні виходи - транзистор, реле, оптосімістор або твердотільне реле.
- Аналоговий вихід для ретрансмісії вхідних аналогових сигналів.
- Архівація даних в енергонезалежну пам'ять (планується модернізація).
- Збереження параметрів при відключенні живлення.
- Захист від несанкціонованої зміни налаштованих параметрів.
- Протокол ModBus RTU, гальванічно розподілений інтерфейс RS-485, (збір інформації, конфігурація).

### 5.2.2 Вибір контролера

Мікропроцесорний програмований контролер МІК-51 (рис. 5.3):

- компактний малоканальний високопродуктивний мікропроцесорний контролер;
- логічне управління і автоматичне регулювання технологічними процесами.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.3 - Контролер МІК-51

Функціональні можливості:

- контролер МІК-51 це - проектно-компонований виріб, котрий дозволяє користувачу вибрати необхідний комплект модулів і блоків згідно числу і вигляду вхідно-вихідних сигналів;

- має такі вбудовані засоби самодіагностики: сигналізація та ідентифікація поломок, про вихід вимірюваних сигналів за встановлені межі, про збої в ОЗУ і тому подібне.

У контролерах МІК-51 є надзвичайно розвинена система міжконтролерного обміну, з використанням якої контролери мають можливість об'єднуватися у локальні або розподілені мережі. У мережі контролери мають можливість обмінюватися інформацією, як із комп'ютерами, так і між собою. Ця функція дає можливість організувати розподілену обробку даних, та збільшення числа каналів введення-виведення. В процесі використання функції міжконтролерного обміну суттєво знижується інформаційне навантаження на використовувану мережу.

Програмування мікропроцесорного контролера МІК-51 виконується за допомогою клавіатури на передній панелі чи за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення тобто візуального редактора FBD-программ АЛЬФА. Як мова для програмування у контролері реалізовано мову функціональних блочних

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діаграм (FBD), яка дає можливість користувачу візуального програмування.

У програмному забезпеченні АЛЬФА присутній вбудований відладчик програм, система логічного контролю стану програм, є можливості документування програм чи друку, відображення програми у вигляді таблиці і ін.

Контролер МІК-51 містить бібліотеку функціональних блоків, яка є достатньою для того, щоб вирішувати порівняно доволі складні завдання для автоматичного регулювання та логіко-програмного управління.

Бібліотека функціональних блокових діаграм умовно розділена на розділи:

- Блоки вводу-виводу: інтерфейсні вводи-виводи, аналогові вводи-виводи, дискретні вводи-виводи, імпульсні вводи.

- Математичні блоки: ділення, корінь квадратний, множення, підсумовування з масштабуванням, абсолютне значення, інтегрування, дифереціювання із затримкою.

- Наявність логічних функціональних блоків: Багатовходове І, Логічне І, Логічне АБО, Багатовходове АБО, Виключає АБО, мажоруння, тригер, виділення фронту, реєстр.

- Блоки управління технологічним процесом: уставка аналогова, уставка часу, фільтр, масштабування, кусочно-лінійна функція, програмний задатчик, лінійна зміна параметра, таймер сигналізатор реального часу, регулювальник аналоговий, регулювальник каскадний, регулювальник імпульсний.

Функціональні блоки дельта-регулювальників: регулювальники аналогові і імпульсні з розширеними функціями, дельта-регулювальник.

В контролері МІК-51 передбачена установка лише одного модуля розширення.

### **5.2.3 Вибір давачів температури**

У якості давача температури зупинимо свій вибір на термоелектричному перетворювачі Метран-201, який призначений для вимірювання температури рідких та газоподібних хімічних неагресивних середовищ, або агресивних, які не

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

руйнують матеріал захисної апаратури.

Перетворювачі даної конфігурації мають розбірну конструкцію, яка складається з внутрішнього чутливого елемента. У даного датчика також є кабельні модифікації. Характеристика давача наведена в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Характеристика давача Метран 201

Назва показника	Значення
Клас допуску	2
Кількість чутливих елементів	1 або 2
Діапазони вимірювання температури	від -40 до 1000°C
Матеріал головки	склонаповнений поліамід
Робочий спай	ізолюваний
Перевірка	Один раз на рік

Зовнішній вигляд давача наведений на рисунку 5.4.



Рисунок 5.4 - Загальний вигляд давача

#### 5.2.4 Вибір давачів рівня

Давач серії Метран 43-ДГ призначений для роботи у системах автоматичного контролю, управління і забезпечує неперервне перетворення значення параметру, який вимірюється у уніфікований сигнал.

Давач тиску Метран-43-ДГ виконий з відкритою мембраною та призначений для використання у системах контролю та регулювання рівня рідини. Давач працює з вторинною реєструючою та показуючою апаратурою, регуляторами та іншими

засобами автоматики, котрі сприймають стандартний сигнал. Загальний вигляд датчика наведено на рисунку 5.5.



Рисунок 5.5 - Давач Метран - 43-ДГ

Давач має цифрове рідкокристалічне табло, яке відображає:

- значення вихідного сигналу в %;
- значення величини, яке вимірюється у вибраних одиницях вимірювання;
- розмірність величини, яка вимірюється (МПа, кПа, Па, кгс/м<sup>3</sup>, кгс/см<sup>2</sup>).

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики давача

Параметр	Значення
Вихідний сигнал	20-0, 0-5, 0-20, 4-20, 5-0 мА
Виконання	Звичайне, вибухозахищене
Середовище в якому проводиться вимірювання	Агресивні рідини, високов'язкі
Міжповірочний інтервал:	
- для давачів з МП, МП1 (роки)	3,0
- для давачів з АП (роки)	2,0
Гарантійний термін експлуатації:	
- для давачів з МП, МП1 (міс)	36,0
- для давачів з АП (міс)	18,0

### 5.2.5 Вибір давачів тиску

Датчик Метран-44 (рис. 5.6) призначається для ефективної роботи в таких середовищах: пара, газ, рідини у тому числі з хімічною активністю за тиску менше

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2,1 МПа. Датчик Метран-44 призначений для роботи у системах автоматичного контролю, регулювання і забезпечує безперервне перетворення значення вимірюваного параметру у уніфікований сигнал.

Датчик працює з вторинною реєструючою та показуючою апаратурою, регуляторами та різними засобами автоматизації, які сприймають стандартний сигнал. Датчик має трьохмембранну конструкцію перетворювача, яка захищена патентом. Датчик випускається тільки з мікропроцесорним перетворювачем, який має перед датчиками з аналоговим перетворювачем переваги по усіх показниках: функціональних, метрологічних, експлуатаційних. Вихідними сигналами є: 0-5, 4-20, 20-4, 0-20, 5-0, 20-0 мА.



Рисунок 5.6 - Метран - 44

Таблиця 5.4 - Технічна характеристика давача Метран-44

Параметр	Значення
Гарантійний термін експлуатації	36
Дозволене середовище вимірювання	Пара, рідина, газ
Спосіб виконання	Звичайне та вибухозахищене
Міжповірочний інтервал (роки)	3

Давач Метран - 44 є стійким до дії на давач середовища з відносною вологістю навколишнього середовища до  $(96 \pm 3)\%$  при температурі 35°C та більш низьких температур без конденсації вологи.

Мікропроцесорна електроніка, яка реалізована в даних давачах забезпечила можливість самодіагностики, контролю та налаштування параметрів безпосередньо на місці експлуатації.

### 5.2.6 Вибір давача витрати

В якості давача витрати виберемо витратомір Fisher-Rosemount 8800.

Середовищем для вимірювання даного витратоміра може бути пара, газ, рідина.

Витратоміри моделі 8800 належать сімейству пристроїв Rosemount SMART FAMILY. Усі давачі даного сімейства для обміну даними використовують протокол HART. Використання цифрових технологій дозволяє витратоміру Fisher-Rosemount 8800 забезпечити максимальну точність та надійність вимірювань. Однією з переваг є легкість підключення витратоміра. Загальний вигляд наведено на рис. 5.7.



Рисунок 5.7 - Вигляд витратоміра Fisher-Rosemount 8800

Наявність зварного корпусу витратоміра унеможливорює випадкові викиди. У витратомірі немає каналів та щілин, котрі можуть забиватися а відповідно погіршувати експлуатаційні характеристики (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Технічна характеристика витратоміра

Назва параметру	Значення
Межа похибки:	
- за імпульсним та цифровим виходами:	
1) для газу, пари	1,35 (% від витрати)
2) для рідини	0,65 (% від витрати)
- за струмовим виходом	1,35
Вихідний сигнал	4-20 (мА)
У трубопроводі надлишковий тиск	3,5 (МПа)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ

Арк.

56

Назва параметру	Значення
Середовище вимірювань	Рідина, газ, пара
Температура вимірюваного середовища залежно від виконання:	
- високотемпературне	від -200 до 427
- стандартне виконання	від -40 до 232

Даний витратомір проводить вимірювання з врахуванням динаміки зміни параметрів середовища - тиску, температури, а також такі змінні витрати, як густина, стиск чи розширення газу, в'язкість. Вбудований процесорний блок забезпечує проведення самодіагностики.

До переваг даного витратоміра віднесемо:

- мікропроцесорна електроніка зменшує час установки;
  - широкий діапазон вимірювань дозволяє використовувати в процесі вимірювань один витратомір;
  - обмін даними відбувається по HART;
  - розширений температурний діапазон, який дає можливість здійснювати вимірювання різноманітних технологічних процесів;
  - давач має вбудований чи виносний електронний блок, який підвищує гнучкість монтажу;
  - одночасний вивід цифрового, аналогового і імпульсного вихідних сигналів, що дозволяє контролювати та регулювати витрату кількома пристроями;
  - загальні модулі зменшують кількість запасних деталей.
- Об'єднання в одному пристрої вказаних функцій роблять давачі ідеальним вирішенням для вимірювання витрати.

### 5.2.7 Вибір виконавчого механізму

Оскільки вихідним сигналом МІК-51 є аналоговий електричний сигнал, тому вибираємо виконавчий механізм (ВМ), який дає можливість перетворювати

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричний командний сигнал у момент, який необхідний для позиціонування регулюючого органу (РО).

Виберемо МЭО-16/25-0.63 - однообертовий ВМ, який розвиває крутний момент становить 16 Нм а також виконує 0,63 оберти за 1/4 хвилини.



Рисунок 5.8 – Виконавчий механізм

### 5.3 Проектна частина

#### 5.3.1 Побудова ФСА стабілізаційної колони

Функціональні схеми автоматизації являються одним з основних проєктних документів, який визначає структуру системи управління, а також забезпечення його засобами автоматизації. ФСА повинна давати уявлення також про об'єкт керування яким являється сукупність основних і додаткових обладнань разом із вмонтованими у них запірних та регулюючих органів, а також енергії, сировини та інших матеріалів. У зв'язку з цим на ФСА повинні бути відображені усі задіяні технологічні апарати та трубопроводи, автоматичні пристрої та показані зв'язки між ними.

ФСА представляє собою технічне креслення, на котрому схематично, умовними позначеннями, відображають комунікації, технологічне обладнання з нанесенням між ними ліній зв'язку з технологічним обладнанням.

Такі допоміжні пристрої, як фільтри повітряні, редуктори, джерела живлення, автомати, реле, з'єднувальні коробки, вимикачі та інші пристрої на ФСА не відображаються.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні засоби розташовані за межами щитів та які не зв'язані з технологічним обладнанням та трубопроводами розташовують у прямокутнику «Прилади місцеві». Вимірювальні перетворювачі, відбірні та приймальні пристрої, котрі вбудовуюються в технологічні апарати на ФСА не показують.

Розробленою в даній роботі ФСА передбачено:

- Регулювання витрат сировини і каскадне регулювання абсорбенту, що подаються в колону К-5, здійснюється витратоміром Fisher-Rosemount 8800 (поз. 9-а, 10-а), а також перетворювача (поз. 9-б) з якого сигнал надходить на контролер МІК-51 (поз.9-в), який встановлений у щиті КВП і А, а з контролера керуючий сигнал поступає на вхід виконавчого механізму (поз.9-г) встановлений на трубопроводі подачі сировини в колону, з перетворювача (поз. 10-б) сигнал надходить на контролер МІК-51 (поз.10-в), куди так само з термоперетворювача (поз. 2-а) надходить сигнал пропорційний температурі. Контролер виконує корекцію та направляє сигнал на вхід виконавчого механізму (поз. 10-г).

- Температура сировини, що подається в колону К-5, контролюється за допомогою контролера МІК-51 (поз. 1-б), сигнал до якого подається з термоперетворювача (поз. 1-а), котрий направляє керуючу дію на вхід виконавчого механізму (поз. 1-в).

- Регулювання зрошення регулюється за допомогою давача витратоміра Fisher-Rosemount 8800 (поз. 11-а). Сигнал з перетворювача (поз. 11-б) поступає на регулятор МІК-51 (поз.11-в), сюди так само з термоперетворювача (поз. 3-а) надходить інший сигнал, який пропорційним температурі. Контролер здійснює корекцію та направляє сигнал на виконавчий механізм (поз. 11-г).

- Температура у випарнику контролюється контролером МІК-51 (поз. 4-б), сигнал на який поступає з перетворювача (поз. 4-а), а керуючий сигнал направляє на вхід виконавчого механізму (поз. 4-в).

- Вимірювання, контроль, а також регулювання тиску у колоні К-5 здійснюється за допомогою первинного перетворювача Метран-44 (поз.5-а), який встановлений в шафі, значення тиску поступає на контролер МІК-51 (поз.5-б), який

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на табло відображає значення вимірюваного тиску. З клемних затискачів регулююча дія у вигляді сигналу 4-20мА поступає на виконавчий механізм (поз.5-в), котрий змонтований на трубопроводі для відводу димових газів.

- Контроль, вимірювання та регулювання рівня в колоні К-5 відбувається по наступному алгоритму: за допомогою давача «Метран-43-ДГ» (поз.12-а), значення тиску поступає на контролер МІК-51 (поз.12-б), який на цифровому табло показує значення рівня. Регулююча дія з клемників поступає на виконавчий механізм (поз.12-в), котрий встановлений на трубопроводі для виводу залишку з колони К-5. Регулювання температури і рівня в ємностях В-2, Е-6 відбувається аналогічним чином.

### **5.3.2 Розробка креслення загального виду щита**

Для розміщення технічних засобів автоматизації використовуються щити а також пульти автоматизації, котрі зазвичай розташовуються у операторських чи диспетчерських.

Вони призначаються для встановлення у приміщеннях температура котрих коливається від - 30 до + 50°С за відносної вологості не менше 80%. У приміщенні повинна бути відсутня вібрація, агресивні гази і пари а також повинен бути відсутній струмопровідний пил.

У випадку застосування приладів чи апаратури які розрахові на меншу температуру чи на меншу вологість, то кліматичні вимоги мають визначатися за допомогою технічних умов для експлуатації задіяних технічних засобів.

Щити а також пульти не призначаються для встановлення на них безшкальних давачів.

Щити та штативи не призначаються для одночасного встановлення на них технічних засобів автоматизації а також магнітних пускачів, автоматичних вимикачів і т.д..

Допустимим являється встановлення органів для дистанційного керування, у випадку коли зазначені органи являються необхідними для з'єднувати на щиті із

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

задіяною апаратурою.

Для нашого проекту застосуємо щит, який має повногабаритну конструкцію та розміри 2200x600x60. На технічному кресленні представлена таблиця технічних надписів на табло а також бірках.

### **5.3.3 Побудова схеми зовнішніх з'єднань та підключень**

Технологічні схеми підключень та зовнішніх з'єднань призначаються для встановлення з'єднання між технічними засобами котрі розташовуються поза щитами.

Схеми зовнішніх з'єднань будуються на базі функціональних схем автоматизації а також схем управління та сигналізації. Виконуються вони в вигляді комбінованих схем. З метою зменшення на кресленні кількості кабелів та труб передбачаються з'єднувальні коробки а також коробки призначені для перебірних з'єднань.

Шафи із окремими технічними засобами умовно позначаються за допомогою прямокутників а також кіл, безпосередньо у середині котрих розташовуються необхідні надписи.

Зв'язки, які мають одне призначення виконуються за допомогою суцільної лінії, а у місцях підключення до приладів чи можливо виконавчих механізмів проводи розділяються для проведення їхнього маркіровку.

На утворених лініях з'язку вказуються номери проводок, марки проводок, діаметри перерізів, довжини. Коли проводка виконана у трубі потрібно навести характеристики даної труби.

На схемі зовнішніх з'єднань наводяться довжина всіх труб та кабелів, а довжина кожного із видів наводять у таблиці, яка розташована над основним надписом. У зазначеній таблиці наводяться усі необхідні для зовнішніх з'єднань монтажні вироби а також матеріали.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **Висновки до розділу**

У розділі запропоновано структурну схему системи керування. Здійснено вибір і обґрунтування технічних засобів автоматизації, а також індикаторів та контролерів, які необхідні для експлуатації виходячи з умов технологічного процесу. Вибрано регулятори та індикатори фірми «Мікрол», та технічні засоби фірм «Метран» та «Fisher-Rosemount».

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Даний проект дозволяє користувачу отримати інформацію про характер технологічного процесу, питання автоматизації, а також дослідження САК за допомогою математичного моделювання, або експериментальних динамічних характеристик.

Новим питанням автоматизації є використання інтелектуальних багатофункціональних контролерів фірми «Мікрол».

Враховуючи усе вищесказане можна підсумувати, що кваліфікаційна робота дає змогу на основі проведених досліджень та розрахунків, здійснити автоматизацію процесу ГФУ у стабілізаційній колоні на базі мікропроцесорної техніки, що приведе до покращення якості і кількості продукту, а отже техніко-економічних показників.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Горбійчук М. І. Теорія автоматичного керування. Лінійні системи. [Текст]: лаб. практикум / М. І. Горбійчук, Л. Я. Чигур. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. – 64 с.

2. Горбійчук М. І. Оптимальне та адаптивне керування в нафтогазовій промисловості [Текст]: лаб. практикум / М. І. Горбійчук, Л. Я. Чигур. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. – 45 с.

3. Горбійчук М. І. Теорія автоматичного керування. Нелінійні системи [Текст]: лаб. практикум / М. І. Горбійчук, Л. Я. Чигур. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2024. – 84 с.

4. Кучмистенко О. В. Планування та обробка результатів експерименту [Текст]: практикум / О. В. Кучмистенко, В. С. Борин, Л. Я. Чигур. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. – 134 с.

5. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного управління (нелінійні та дискретні системи) [Текст]: навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, І. І. Чигур. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. – 96 с.

6. Когутяк, М. І. Мікроконтролери та програмовані логічні контролери [Текст]: метод. вказ. для сам. роботи. Ч. 2: Навчальний модуль "Програмовані логічні контролери" / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 32 с.

7. 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.

8. Когутяк, М. І. Програмовані логічні контролери [Текст] : метод. вказ. до виконання курсової роботи / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 81 с.

9. Лагойда, А. І. Програмно-технічні комплекси та програмне забезпечення автоматизованих систем управління технологічними процесами [Текст] : лаб. практикум. Ч. 1 / А. І. Лагойда, Л. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. – 227 с.

10. Семенцов Г.Н. Автоматизація процесів переробки нафти і газу. Львів, 1992. 268 с.

					БР.АКП-52.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
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 х-ки NK

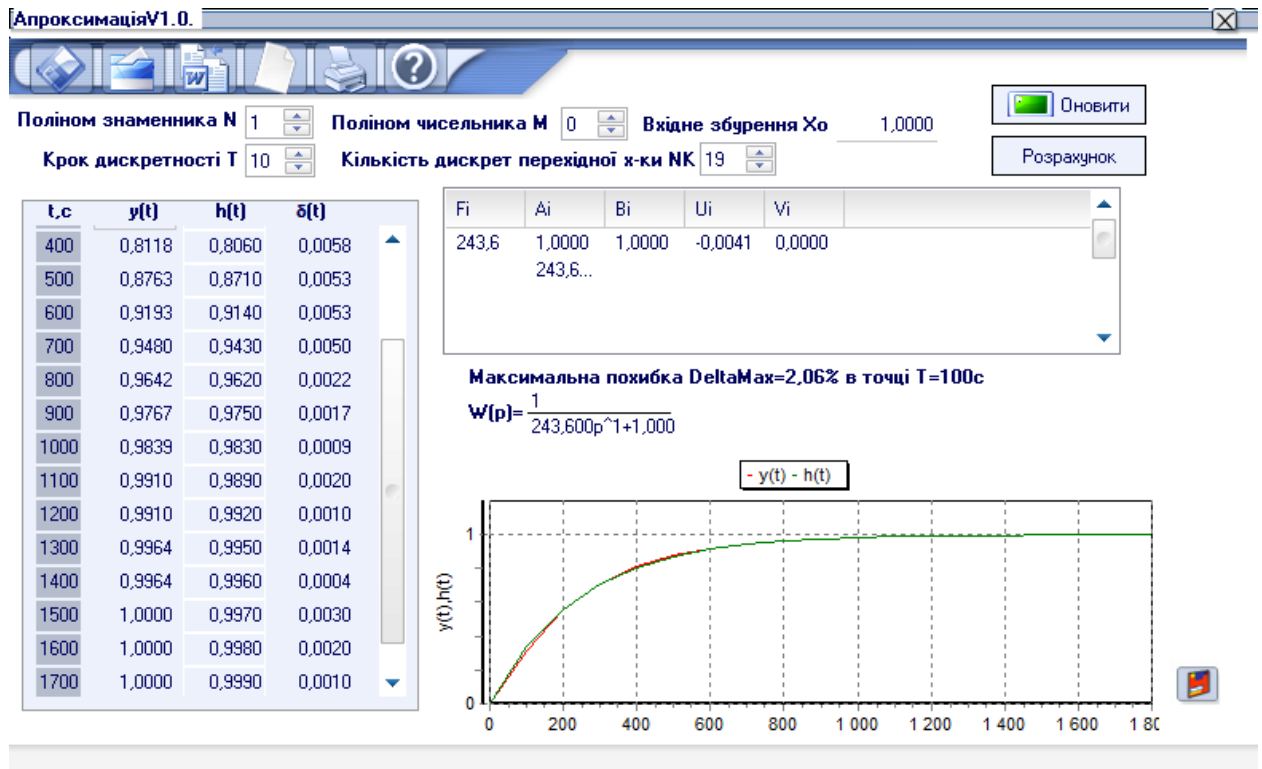
t, c	y(t)	h(t)	δ(t)
0	0,0000	0,0000	0,0000
100	0,0000	0,0000	0,0000
200	0,0670	0,0650	0,0020
300	0,1450	0,1630	0,0180
400	0,2790	0,2740	0,0050
500	0,3960	0,3860	0,0100
600	0,5100	0,4910	0,0190
700	0,5990	0,5860	0,0130
800	0,6800	0,6670	0,0130
900	0,7430	0,7370	0,0060
1000	0,7900	0,7940	0,0040
1100	0,8300	0,8410	0,0110
1200	0,8680	0,8790	0,0110
1300	0,9020	0,9090	0,0070

Fi	Ai	Bi	Ui	Vi
692,4	1,0000	1,0000	-0,0027	-0,0011
15680...	638,6...	-53,7...	-0,0027	0,0011
84212...	1196...			

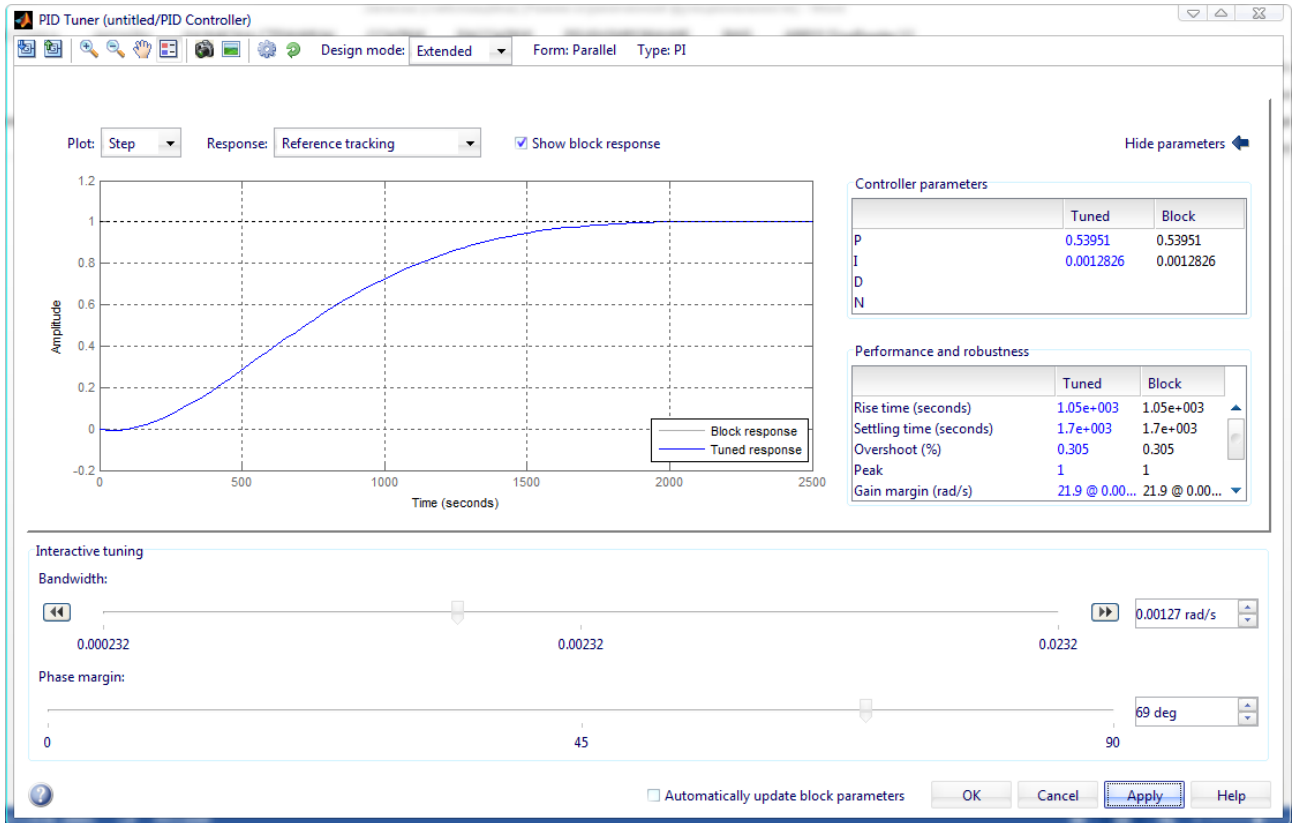
**Максимальна похибка DeltaMax=1,90% в точці T=600c**  

$$W(p) = \frac{1,000 \cdot (-53,705p^1 + 1,000)}{119618,799p^2 + 638,694p^1 + 1,000}$$

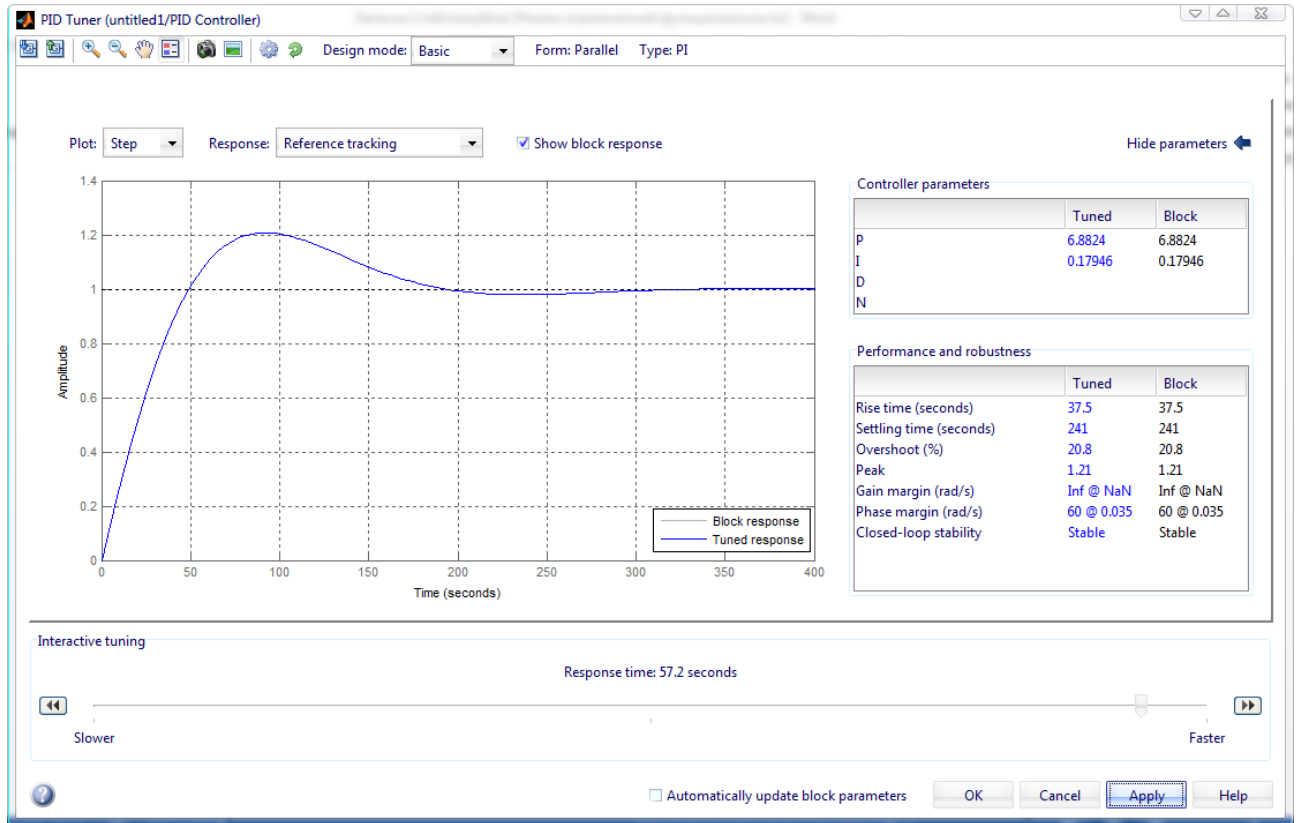
## Додаток А2



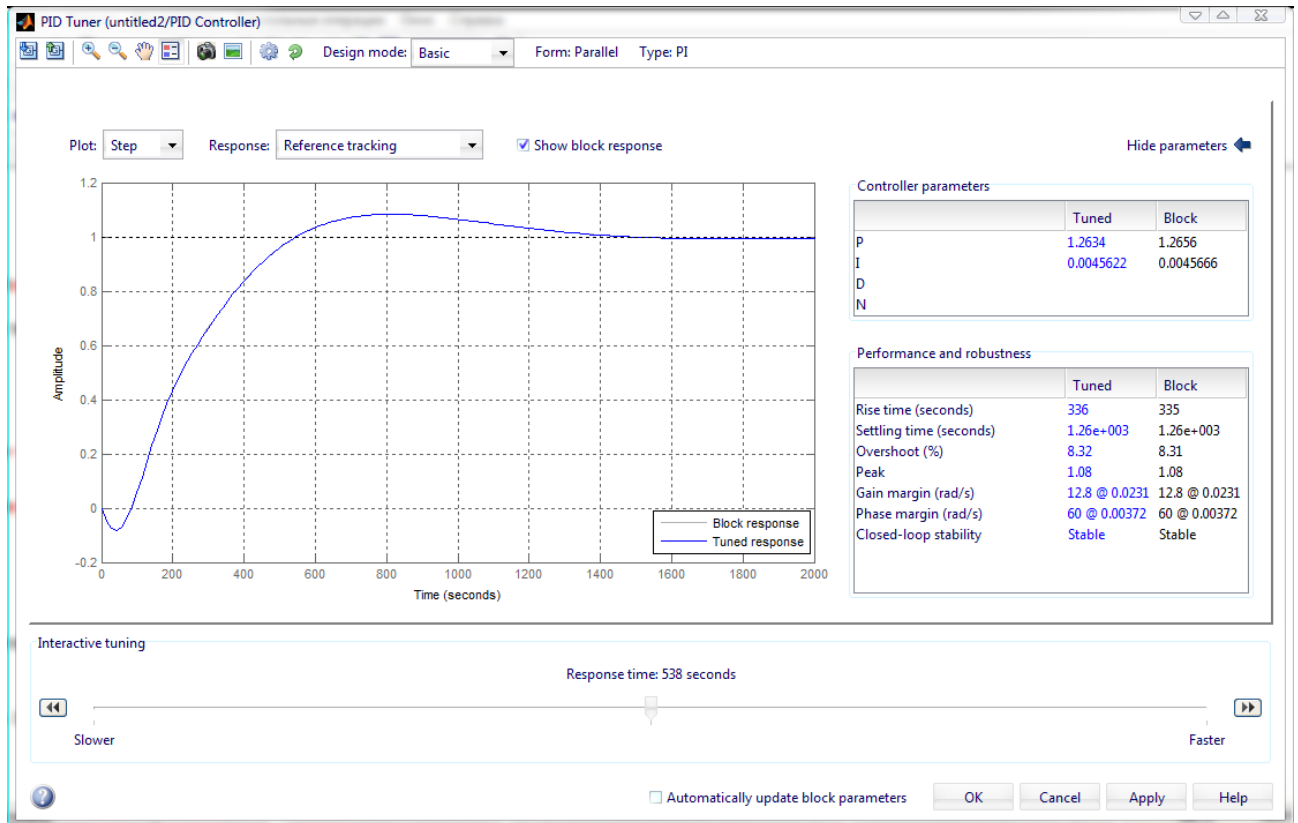
# Додаток Б1



# Додаток Б2



# Додаток БЗ

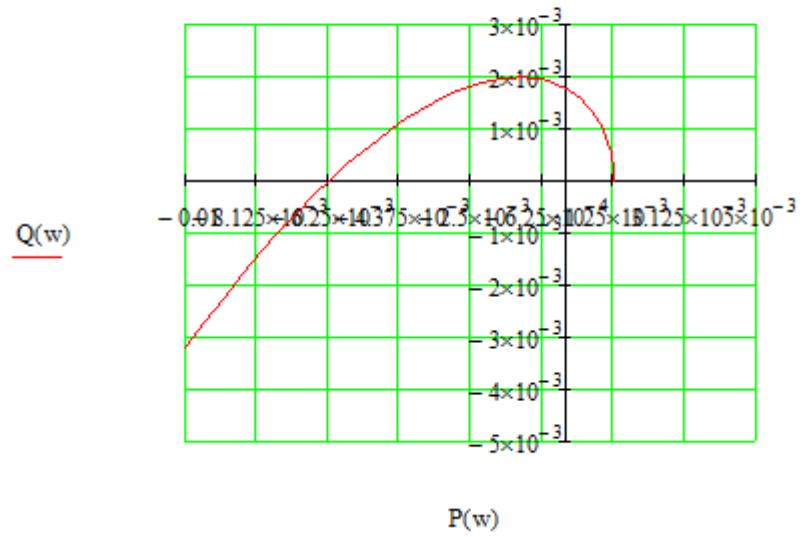


## Додаток В1

$$P(w) := -609.724 \cdot w^2 + 0.0012826$$

$$Q(w) := -119618.799 \cdot w^3 + 1.47063 \cdot w$$

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



## Додаток В2

$$P(w) := 984713.479 \cdot w^4 - 169.504 \cdot w^2 + 0.0008187$$

$$Q(w) := 2.9139 \cdot 10^7 w^5 - 25019.033 \cdot w^3 + 0.5931 \cdot w$$

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

