

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ

Група АКПз-21-1

**Оксана Герлах**

**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

Герлах Оксана Богданівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.5: 665.637

(індекс)

## БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розроблення системи автоматизації технологічного процесу

(назва роботи)

осушення природного газу

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва освітньої програми)

151 - «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

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

### Нормоконтроль

асистент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

### Здобувач освітнього ступеня

АКПз-21-1

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

О.Б. Герлах

(ініціали та прізвище)

### Рецензент

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

М.І. Когутяк

(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 151 - «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри АКІТ**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

Герлах Оксана Богданівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення системи автоматизації технологічного процесу осушення природного газу

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 абсорбційного осушення природного газу як об'єкта автоматичного контролю і керування. 2 Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування. 3 Синтез структури системи автоматичного керування. 4 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.АКПз-06.00.00.001;

Лист 2 - Аналіз і синтез одноконтурної АСК - БР.АКПз-06.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз і синтез каскадної АСК - БР.АКПз-06.00.00.003;

Лист 4 - Схема зовнішніх з'єднань - БР.АКПз-06.00.00.004;

Лист 5 - Схема підключень - БР.АКПз-06.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКПз-06.00.00.006.

## 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 абсорбційного осушення природного газу як об'єкта автоматичного контролю і керування	10.06.2025	
2	Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування	11.06.2025	
3	Синтез структури системи автоматичного керування	12.06.2025	
4	Розробка технічної документації на САК	13.06.2025	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

О.Б. Герлах \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

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

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить: 62 сторінки друкованого тексту, 16 рисунків, 10 таблиць, 12 переліків посилань на джерела і 3 додатка.

Тема: розроблення системи автоматизації технологічного процесу осушення природного газу.

Об'єкт дослідження: автоматична система керування процесом абсорбційної осушення природного газу.

Методи дослідження: виконання експериментального моделювання системи автоматичного керування.

Результати бакалаврської роботи: у розроблюваному проекті виконано ґрунтовний аналіз процесу абсорбційного осушення природного газу. Проведено вибір параметрів контролю а також регулювання технологічним процесом. Виконано аналіз існуючих технічних засобів.

З метою визначення динамічних властивостей об'єкта моделювання здійснено активний експеримент.

Визначено функцію передачі об'єкта за основним та допоміжним каналами регулювання, а також вибрано регулятори, здійснено розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів, виконано розрахунок одноконтурної а також каскадної систем автоматичного керування, здійснено визначення показників якості та проведено дослідження стійкості даних систем.

Виконано розробку структурної схеми системи автоматичного керування та проведено вибір технічних засобів системи автоматизації.

Ключові слова: осушка, система керування, регулятор, налаштування.

## **ABSTRACT**

Bachelor's thesis contains: 62 pages of printed text, 16 figures, 10 tables, 12 lists of references to sources and 3 appendices.

Topic: development of a system for automating the technological process of natural gas drying.

Object of research: automatic control system for the process of absorption drying of natural gas.

Research methods: experimental modeling of the automatic control system.

Results of bachelor's thesis: in the developed project, a thorough analysis of the process of absorption drying of natural gas was performed. The control parameters and regulation of the technological process were selected. The analysis of existing technical means was performed.

In order to determine the dynamic properties of the modeling object, an active experiment was carried out.

The transfer function of the object along the main and auxiliary control channels was determined, and the regulators were selected, the optimal parameters for setting the regulators were calculated, the calculation of single-loop and cascade automatic control systems was performed, quality indicators were determined and the stability of these systems was studied.

The structural diagram of the automatic control system has been developed and the technical means of the automation system have been selected.

Keywords: dehumidifier, control system, regulator, settings.

## ЗМІСТ

	<b>ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>8</b>
	<b>ВСТУП.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АБСОРБЦІЙНОГО ОСУШЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>10</b>
	1.1 Призначення установки, суть процесу абсорбції.....	10
	1.2 Характеристика продукції, сировини та реагентів.....	11
	1.3 Аналіз технологічної схеми установки осушення природного газу.....	12
	1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування.....	15
	1.5 Параметри контролю і регулювання.....	16
	1.5.1 Концентрація і кількість абсорбенту.....	16
	1.5.2 Температура в абсорбері.....	16
	1.5.3 Тиск в абсорбері.....	17
	1.5.4 Питома витрата абсорбенту.....	17
	1.5.5 Рівень рідини в абсорбері.....	18
	1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу....	18
	Висновки до розділу.....	20
<b>2</b>	<b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>21</b>
	2.1 Структурна схема об'єкта керування.....	21
	2.2 Складання функціональної схеми регулювання. Обґрунтування та вибір складових елементів системи.....	21
	2.3 Експериментальне визначення динамічних характеристик керованого об'єкта.....	22

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розроблення системи автоматизації технологічного процесу осушення природного газу	Літ.	Арк.	Акрушів
						6	62	
Розроб.		Герлах О.Б.				АКПз-21-1 ІФНТУНГ		
Перевір.		Лагойда Л.І.						
Реценз.		Когутяк М.І.						
Н. Контр.		Лагойда Л.І.						
Затверд.		Лагойда А.І.						

2.4	Обробка результатів експерименту.....	24
	Висновки до розділу.....	31
<b>3</b>	<b>СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>32</b>
3.1	Розрахунок параметрів одноконтурної САК.....	32
3.2	Розрахунок параметрів каскадної САК.....	33
3.3	Дослідження на стійкість одноконтурної САК.....	35
3.4	Дослідження на стійкість каскадної САК.....	36
3.5	Оцінка якості керування за перехідними характеристиками.....	36
	Висновки до розділу.....	39
<b>4</b>	<b>РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК.....</b>	<b>40</b>
4.1	Вибір технічних засобів нижнього рівня автоматизації.....	40
4.1.1	Вибір датчиків тиску.....	41
4.1.2	Вибір давачів температури.....	42
4.1.3	Вибір давачів рівня.....	42
4.1.4	Вибір давача витрати.....	43
4.1.5	Вибір виконавчого механізму.....	45
4.1.6	Вибір контролера.....	45
4.2	Технічна реалізація системи автоматизації.....	47
4.2.1	Розробка функціональної схеми автоматизації.....	47
4.2.2	Розробка схеми зовнішніх з'єднань.....	49
4.2.3	Розробка схеми щита сигналізації та управління.....	50
4.2.4	Розробка схеми під'єднань.....	51
	Висновки до розділу.....	52
	<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>53</b>
	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....</b>	<b>54</b>
	<b>ДОДАТКИ</b>	

## ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АСР - автоматична система регулювання.

ВК - вимірювальний канал.

ФСА - функціональна схема автоматизації.

ВМ - виконавчий механізм.

ТП - технологічний процес.

ДЕГ - диетиленгліколь.

РО - регулюючий орган.

КО - керований об'єкт.

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

САК - система автоматичного керування.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Виконання ефективної автоматизація будь якого процесу являється одним із базових чинників вдосконалення виробництва а також покращення умов праці для обслуговуючого персоналу. Автоматизована система представляє собою деяку систему яка складається із керованого об'єкта а також автоматизованих керуючих пристроїв, у котрій деяку частину функцій яка стосується керування здійснює людина-оператор. Зазначена система одержуватиме інформацію від об'єкта керування та передаватиме спочатку обробивши керованому об'єкті. Людина - оператор визначає мету а також критерії керування, виконує їх коректування у випадку зміни умов.

Неперервність технологічного процесу а також автоматизація виробничих процесів являються взаємопов'язаними факторами, оскільки будь яке неперервне виробництво перетворюється у ефективне у випадку застосування комплексної автоматизації. Зазначені фактори являються першочерговими в проектах найбільш складних виробництв.

Для покращення техніко-економічних показників абсорбційної осушки газу в експлуатацію необхідно ввести більшу кількість вдосконалених приладів з високим рівнем автоматизації і керування, що дозволять експлуатувати установки при будь-яких структурно функціональних зв'язках.

Сучасним рівнем автоматизації являється включення у систему автоматичного керування найсучаснішої мікропроцесорної техніки. Розроблена у такому ключі система забезпечить цілеспрямоване регулювання при швидкому реагуванні на збурення у процесі.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АБСОРБЦІЙНОГО ОСУШЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

## 1.1 Призначення установки, суть процесу абсорбції

При підготовці газу до транспортування одним з основних процесів є процес осушення газу, котрий реалізується за допомогою протитокових та прямотокових абсорбційних апаратів.

Присутність в газі важких вуглеводнів, вологи, кислих компонентів та механічних домішок знижує пропускну здатність газопроводів, підвищує швидкість корозії, підвищує енергетичні затрати на роботу дожимної компресорної станції. Водяний конденсат в поєднанні з компонентами природного газу створює гідрати, появлення яких забиває робочі об'єми технологічних апаратів та газопроводів, знижуючи переріз, і в багатьох випадках призводить до аварій.

Процес поглинання (абсорбції) з природнього газу парів води абсорбентом у масообмінному апараті (абсорбері) покладено в основу роботи установки осушення природного газу.

Процес абсорбції призначений для розділення сумішей газів на окремі компоненти. Суть даного процесу заключається в пропусканні газової суміші через рідину - абсорбент. Для осушення природного газу у якості абсорбента використовується диетиленгліколь (ДЕГ). У випадку змішування суміші газів з абсорбентом компонент, що поглинається, переводиться з газової фази у рідку. В процесі проходження суміші газів через абсорбент концентрація компоненту, що поглинається, у газовій фазі зменшується, а у рідкій збільшується. В такий момент настає момент рівноваги. Такий стан системи, при якому кількість компоненту, що переходить із газової фази у рідку, дорівнює кількості компоненту, що переходить зворотньо із рідкої у газу називається рівновагою.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Характеристика продукції, сировини та реагентів

Вуглеводневий природний газ та ДЕГ, що використовується у якості абсорбента, є основною сировиною, а також продуктами абсорбції.

Природний вуглеводневий газ складається із насичених вуглеводнів із хімічною формулою  $C_nH_{2n+2}$ . У газі вуглеводні представлені у основному легкими компонентами - етан, пропан, бутан, метан, нормальний бутан, та більш важкими компонентами. Окрім вуглеводнів у природному газі в досить мізерних дозах присутній сірководень, азот, вуглекислий газ, інертні гази.

Компонентний склад природного газу зображений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Склад газу та ДЕГу, які поступають у абсорбер

Компонент	Формула	Кількість
Етан	$C_2H_6$	2,0
Метан	$CH_4$	94,1
Бутан	$C_4H_{10}$	0,35
Пропан	$C_3H_8$	1,0
Кисень	$O_2$	1,0
Пентан	$C_5H_{12}$	0,45
Інші компоненти	<i>Ar, He, Kr, Xe, Ne</i>	0,098
Водень	$H_2$	0,002
Диетеленгліколь (ДЕГ)	$(HOCH_2CH_2)_2O$	97-99,5

Диетеленгліколь являє собою прозору рідину, у якій вміст основної речовини - 99,5%; густина 1116 - 1117 кг/м<sup>3</sup>; вміст вологи не більше 0,05%; кислотність від 7 рН до 7,5 рН; температура кипіння при 0,1 МПа повинна мати не менше 244 °С; вміст домішок не більше 0,4%; вміст хлоридів відсутній.

Диетеленгліколь, який направляється на регенерацію з апаратів технологічної лінії представляє собою це коричневу рідину яка має вміст основної речовини від 97% до 98,5%; кислотність від 7 рН до 7,5 рН; густина 1116 кг/м<sup>3</sup>; вміст вологи 1,5%.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розчин диетиленгліколю, який направляється у технологічну лінію після регенерації являє собою коричневу рідину яка має у своєму складі від приблизно 99,1% до приблизно 99,5% основної речовини та має густину в межах від приблизно 1114 кг/м<sup>3</sup> до приблизно 1116 кг/м<sup>3</sup> та кислотність в межах від 7 рН до 7,5 рН. Кількість органічних домішок повинна складати не більше 0,4%.

Склад готового осушеного газу, який відповідатиме стандарту наведений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Склад готового осушеного газу

Склад	Хімічний склад
Етан ( $C_2H_6$ )	Максимум 4 %
Метан ( $CH_4$ )	Мінімум 92 %
Крапка роси за вуглеводнями	Не вище мінус 5°C при 4 МПа
Азот ( $N_2$ )	Максимум 2 %
Механічні домішки	Максимум 5 %
Пропан-бутан і більш високі вуглеводні	Максимум 2 %
Сірководень ( $H_2S$ ), мл/м <sup>3</sup>	-
Вуглекислий газ ( $CO_2$ )	Максимум 1 %
Кисень ( $O_2$ )	-
Смоли	-
Крапка роси за водою	Не нижче мінус 10°C при 4 МПа

### 1.3 Аналіз технологічної схеми установки осушення природного газу

На рисунку 1.1 зображено технологічна схему установки осушення природного газу.

Із пункту очищення і заміру вологий газ (установка фільтрів-сепараторів), направляється у абсорбери К-1 - К-4 з витратою 3,334 млн.нм<sup>3</sup>/год, під тиском 4,5 МПа та температурою 20°C. У низу кожного з абсорберів встановлені сепараційні пристрої, з допомогою яких з газу вилучається частина вологи. У середній частині

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

абсорбера газ здійснює прохід через 99% розчин етиленгліколю на ковпачкових тарілках та відповідно осушується до температури приблизно  $-10^{\circ}\text{C}$  при існуючому тиску 4 МПа.

У верхній частині абсорбера газ сепарує (відділяється) від диетиленгліколю. Осушений газ з системи абсорберів по газозбірному колектору направляється на холодильну установку та на прийом у компресорний цех.

Розчин диетиленгліколю, який є достатньо насиченим з глухих тарілок абсорберів дроселюється до необхідного тиску 1,6 МПа та поступає у трубні частини теплообмінників Т-1 -Т-4, де відповідно нагрівається до температури  $58^{\circ}\text{C}$  та поступає у ємність для вивітрювання Е-2, де трохи дегазується диетиленгліколь. З ємності вивітрювання Е-2 диетиленгліколь направляється у трубну ділянку теплообмінників Т-5 - Т-8, де відповідно нагрівається до температури приблизно  $115^{\circ}\text{C}$ . Потім диетиленгліколь направляється у випарну колону К-5.

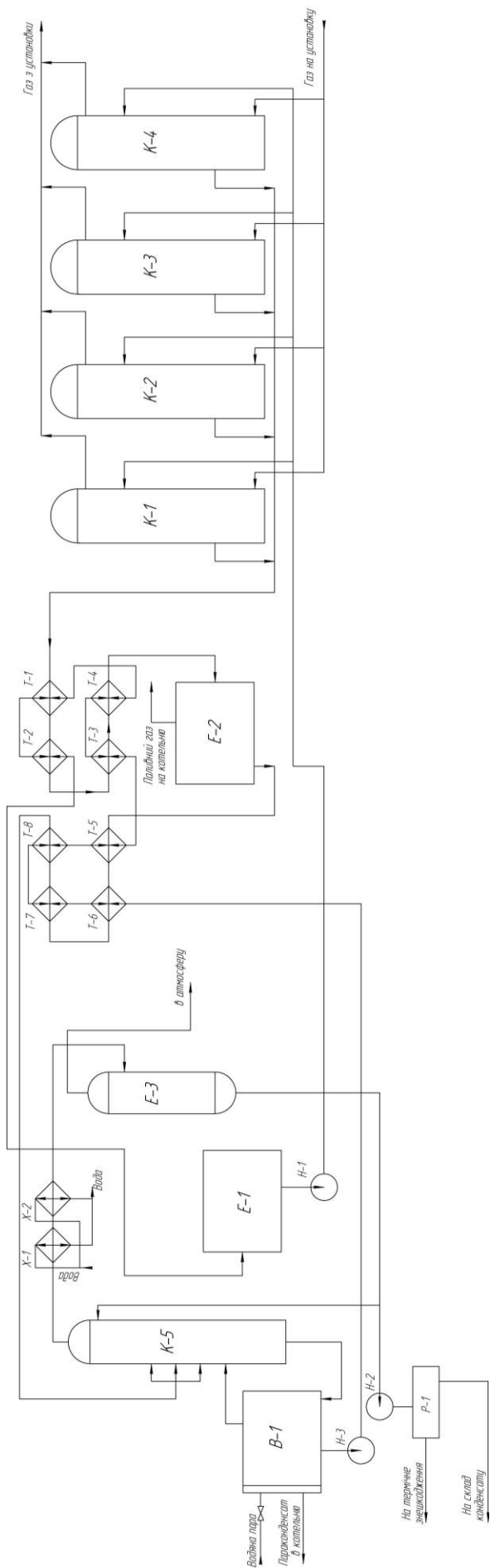
За допомогою насоса Н-2 відбувається подача рефлюкса на зрошення для підтримання температура верха випарної колони на позначці  $70^{\circ}\text{C}$ .

Температура низу колони підтримується за допомогою парів диетиленгліколю, що поступають з випарника В-1 при температурі  $160^{\circ}\text{C}$ - $164^{\circ}\text{C}$ . Нагрівання диетиленгліколю в випарнику В-1 відбувається за рахунок тепла, що виділяється перегрітою парою, котра поступає з технологічної котельні при температурі  $190^{\circ}\text{C}$ , тиску 1,3 МПа та витраті 17200 кг/год.

Диетиленгліколь, який є регенованим насосом Н-3 з випарника подається у затрубну частину теплообмінників Т-1 - Т-8, у яких здійснюється охолодження диетиленгліколя від  $160^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$ . Диетиленгліколь, який є охолодженим після теплообмінників Т-1 - Т-8 поступає у ємність Е-1, звідки за допомогою насосу Н-1 направляється в абсорбери.

Пари, які виходять з верху випарної колони (десорбційний газ, водяна пара, легкі фракції вуглеводнів в газоподібному стані), направляються з температурою  $70^{\circ}\text{C}$  у водяні холодильники Х-1, Х-2 у яких охолоджується до температури приблизно  $35^{\circ}\text{C}$ .

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



В-1 - випарник; Н-1, Н-2, Н-3 - насоси; Р-1 - горизонтальний розділювач; Х-1, Х-2 - водяні холодильники;  
 К-5 - випарна колона; Е-2 - ємність вивітрювання; Е-1 - проміжна ємність; Е-3 - ємність конденсату;

Т-1 - Т-8 - теплообмінники; К-1 - К-4 - абсорбери

Рисунок 1.1 - Технологічна схема установки осушення природного газу

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

Під час охолодження водяні пари повністю конденсуються та поступають в проміжну ємність для конденсату Е-3, у якій відбувається розділення на газ та рефлюкс. Зверху ємності відкачується газ. Певна частина рефлюксу подається насосом Н-2 в випарну колону у вигляді зрошення, а інша частина рефлюкса направляється у горизонтальний розділювач Р-1 на очисних спорудах.

#### 1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування

Кількість наявного устаткування на даній установці, а також його характеристика зведені у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Характеристика наявного технологічного устаткування

Позначення на схемі	Найменування а також коротка технічна характеристика	К-сть
К-5	Випарна колона: P=0,01МПа; D=1,6м; V=26,4м <sup>3</sup> ; H=19,83м	1
К-1 - К-4	Абсорбер: T=-40°C÷40°C; V=119м <sup>3</sup> ; P=5,5МПа; H=15,42м; D=3,2м	4
Т-5 - Т-8	Теплообмінник: D=0,159м; H=5,956м; V=108 м <sup>3</sup> ; P=1,6 МПа; T=200°C, F=37 м <sup>2</sup>	4
Т-1 - Т-4	Теплообмінник: n=540; D=0,249м; P=1,6 МПа; F=60 м <sup>2</sup> ; H=7,134 м	4
Х-1, Х-2	Водяний холодильник: T=-20°C÷300°C; D=1м; H=7,29м; V=5,265 м <sup>3</sup> ; P=1 МПа; F=1,23 м <sup>2</sup>	2
В-1	Випарник: D=2,6м; H=7,42м; V=32 м <sup>3</sup> ; P=1,7 МПа; T=200°C	1
Е-1	Проміжна ємність: D=2,65м; V=25 м <sup>3</sup> ; P=0,1 МПа; H=4,4м	1
Е-2	Розділювальна ємність: D=1,6м; H=6,348м; V=12,5 м <sup>3</sup> ; P=1,6 МПа; T=-40°C÷40°C	1

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позначення на схемі	Найменування а також коротка технічна характеристика	К-сть
Е-3	Проміжна ємність конденсату: P=1,6 МПа; V=1,6 м <sup>3</sup>	1
Н-3	Насос: n=2940 об/хв; P=24кВт; P=1,6 МПа	1
Н-2	Насос: n=1420об/хв; P=3,7 МПа; P=17кВт	1
Н-1	Насос: n=1460об/хв; P=1,6 МПа; P=32кВт	1

### 1.5 Параметри контролю і регулювання

Наступні параметри впливають на процес абсорбції: температура, тиск в абсорбері, концентрація і кількість абсорбента, рівень рідини в абсорбері, питома витрата абсорбенту.

#### 1.5.1 Концентрація і кількість абсорбенту

Під час осушення газу до температури, яка відповідає крапці роси -10°C використовуються водяні розчини гліколю, які мають концентрацію від 99% до 99,5% масових. Концентрації гліколю залежать від ефективності регенерації. Під час регенерації ДЕГу за 0,1 МПа його концентрація в середньому становить 97,5%. З метою отримання більш високої концентрації створюють вакуум у десорбері. Концентрація гліколю вибирається виходячи із умов рівноваги між тисками насичених парів над розчинами гліколю та в газі за заданою температурою контакту. Кількість гліколю, котрий подається у групу абсорберів, напряму залежить від тиску та температури у абсорбері (від мінімум 25 до максимум 35 м<sup>3</sup>/год).

#### 1.5.2 Температура в абсорбері

Значення температури має суттєвий вплив на якість осушення газу. У випадку зменшення температури збільшується глибина осушення газу, в цей же

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

час зменшується питома витрата абсорбента, яка впливає на метало- та енергоємність блоку регенерації. У випадку пониження температури збільшується в'язкість гліколю та погіршуються умови масообміну. Найбільшу крапку дисперсії роси можна одержати при використанні гліколю в'язкістю  $\nu=100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . У випадку високої температури в абсорбері збільшується парціальний тиск води над абсорбентом та вміст її у газі. Верхньою межею температури контакту абсорбента та газу служить допустимий рівень втрат гліколю. Температура процесу абсорбції становить 25-35 °С.

### 1.5.3 Тиск в абсорбері

В абсорбері тиск визначає витрату гліколю та його втрати в процесі осушення газу. Зі збільшенням тиску, дифузія молекул компоненту, що поглинається стає все кращою, з газу в рідину, що в свою чергу прискорює процес абсорбції. Підвищення тиску у абсорбері обмежується товщиною його стінок і затримками на додаткове його компримування. Пониження тиску у апараті прискорює зворотній процес виділення поглинутого компоненту у газову фазу, а саме прискорює процес десорбції. В нормальних умовах тиск у абсорбері складає приблизно 4 МПа. Даний клапан регулюється клапаном, що встановлений на технологічній лінії виводу осушеного газу з апарату.

### 1.5.4 Питома витрата абсорбенту

Співвідношення між витратою газової суміші і витратою абсорбенту називають питомою витратою абсорбенту. При її збільшенні процес абсорбції прискорюється. Значне збільшення витрати абсорбенту приводить до того, що процес абсорбції стає не економічним через зростання затрат енергії на перекачування абсорбенту та витрати теплоти на десорбцію поглинутого компоненту у десорбері. Для осушення 0,834 млн.  $\text{м}^3/\text{год}$  вологого газу витрачається 25  $\text{м}^3/\text{год}$  абсорбенту.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.5.5 Рівень рідини в абсорбері

Наявність певного рівня рідини у нижній частині абсорбера являється гідрозатором та усуває можливість попадання газової суміші у трубопровід. У випадку попадання газу у відцентровий насос (ВН) він перестає перекачувати рідину та починає працювати сам на себе, а оскільки рідина в апарат надходить безперервно, то виникає небезпека повного заливки апарату, що може викликати припинення процесу абсорбції. Значення рівня у абсорбері постійно контролюється. У залежності від розмірів апаратів рівень абсорбента у них становить 0,5-2,0 м.

Значення параметрів контролю і регулювання занесені в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Найменування параметрів контролю та регулювання на установці

Найменування параметру	№ позначення на ФСА	Одиниця вимірюваних величин	Діапазон коливання
Температура в абсорбері	2-а	°С	20 - 30
Тиск в абсорбері	8-а	МПа	не більше 5
Питома витрата абсорбента	13-а	м <sup>3</sup> /год	25 - 35
Рівень рідини внизу абсорбера	24-а	м	0,5 - 2,0

### 1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу

В бакалаврській роботі розглядається установка абсорбційної осушки газу. Для управління технологічним процесом абсорбційної осушки, починаючи з 60-х років, застосовувались зазвичай найпростіші механічні, пневматичні чи електричні регулятори, розрахунок котрих здійснювався в основному на основі лінійних одномірних моделей. В даний час переважають неперервні технологічні процеси, які мають велику потужності з складними комплексами енергетичних та

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріальних потоків чи з жорсткими вимогами до якості продукції, що призводить до створення удосконалених систем керування.

Системи, що реалізують задачі керування даним процесом абсорбційної осушки можна поділити на такі групи:

- схеми, які здійснюють стабілізацію вхідних змінних та є розімкнутими відносно керованого об'єкту. Дані схеми дозволяють підтримувати будь-які значення вхідних концентрацій, що мають забезпечувати задані значення вихідних концентрацій.

Дані співвідношення між вхідними та вихідними змінними встановлюються оператором. Дані схеми не мають можливості реалізовувати попередньо сформульовані закони керування, оскільки зворотній зв'язок здійснюється через оператора.

- схеми, що здійснюють регулювання із замиканням по вихідному каналу, причому у вигляді вихідного каналу вибирається концентрація абсорбуючого компонента в вихідному потоці. Регулювання здійснюється регулятором із постійними параметрами налаштування.

З урахуванням того, що абсорбери представляють собою нелінійні об'єкти, а для реалізації системи автоматичного регулювання застосовуються лінійні системи регулювання, які мають фіксовані параметрами налаштування регулятора, це може привести до того, що у випадку суттєвого збурення дані схеми не зможуть забезпечити не тільки необхідну якість, а ще й стійке регулювання.

- схеми, у яких в якості вихідного каналу прийнятий канал якості готового продукту на виході з апарату. Ця схема є найпоширенішою, незважаючи на те, що складність пристрою ускладнює його використання.

Основним недоліком даних систем є їх розімкнутість відносно об'єкту керування. В деяких випадках це приводить до виносу ДЕГу за межі колони.

Для того, щоб якість готового продукту відповідала контрактним умовам, і для чіткого дотримання норм технологічного режиму, на установці існує система автоматизації, завданням якої є підтримання оптимального технологічного режиму, що приводить до зменшення витрат пов'язаних з енергоспоживанням

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приладів та збільшення точності вимірювання та регулювання технологічних параметрів, що напряду вплине на якість готового продукту.

### **Висновки до розділу**

В цьому розділі досліджено технологічний процес осушення природного газу, представлено характеристики сировини а також готового продукту, проаналізовано установку абсорбційного осушення газу в цілому і її окремі компоненти, вплив параметрів на ефективність осушення газу.

Встановлено, що точність а також якість автоматичного регулювання технологічним процесом являється дуже важливою, адже будь яке відхилення технологічних параметрів зазначеного процесу негативно впливає на степінь осушення газу, підвищує її собівартість тобто завдає збитків підприємству.

В розділі проведено аналіз існуючих систем автоматизації процесу абсорбційної осушки газу, вказано основні переваги і недоліки кожної з цих систем. Розглянута система автоматизації процесу абсорбційного осушення газу, яка проводить регулювання процесом і підтримує параметри процесу на необхідному рівні.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

### 2.1 Структурна схема об'єкта керування

У вигляді об'єкта для досліджень виберемо абсорбер, робота якого має великий вплив на процес абсорбційного осушення газу, а отже і вихід кінцевого продукту. Структурна схема керованого об'єкту керування представлена на рисунку 2.1.

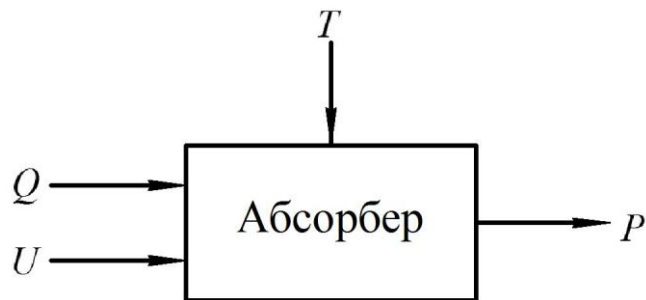


Рисунок 2.1 - Схема керованого об'єкту

Змінні, які можуть впливати на процес абсорбції можна розділити на три групи: керуючі параметри, некеровані збурення, а також регульовані величини.

Керуючим параметром для абсорбера є положення регулюючого органу  $U$ , а також витрата газу зверху абсорбера  $Q$ . Найважливішим регульованим параметром в даному випадку є тиск в абсорбері  $P$ . На абсорбер діє також ціла низка збурюючих чинників з яких найважливішим є температура в абсорбері  $T$ .

### 2.2 Складання функціональної схеми регулювання. Обґрунтування та вибір складових елементів системи

Функціональна схема АСК тиску в абсорбері за основним та допоміжним каналами регулювання приведена на рисунку 2.2.

У вигляді допоміжного контуру регулювання вибираємо витрату газу на виході.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

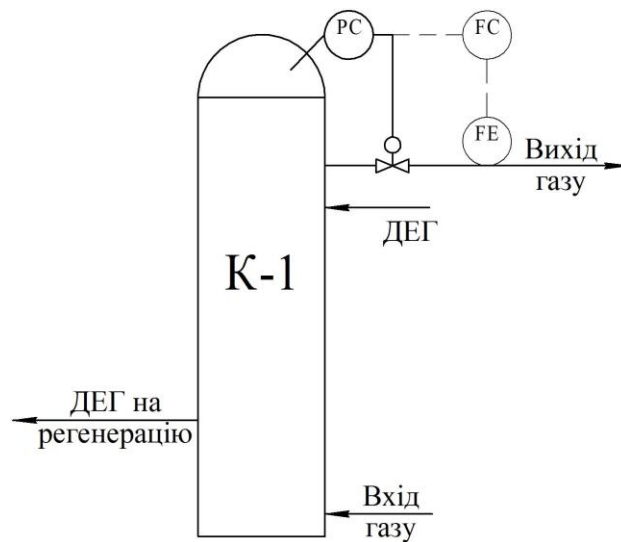


Рисунок 2.2 – Вигляд спрощеної функціональної схеми абсорбера у випадку використанні як одноконтурної так і каскадної АСК регулювання тиску

Дана система складається з таких елементів:

- датчик тиску;
- регулятор;
- датчик витрати;
- виконавчий механізм.

З метою ефективного проведення експерименту потрібно вибрати прилади, які мають високий клас точності, а також необхідну швидкодією і надійність.

### 2.3 Експериментальне визначення динамічних характеристик керованого об'єкта

Динамічні характеристики керованого об'єкта визначатимемо за допомогою активного експерименту в результаті якого отримаємо перехідну характеристику.

Результати експериментального дослідження по основному каналу (положення регулюючого органу - тиск в абсорбері) приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати експерименту каналу «положення регулюючого органу - тиск в абсорбері»

$t, c$	$U$	$P, \text{МПа}$
0	100	0,1
10	100	0,364

$t, c$	$U$	$P, \text{МПа}$
20	100	0,76
30	100	1,2
40	100	1,684
50	100	2,212
60	100	2,74
70	100	3,092
80	100	3,4
90	100	3,664
100	100	3,884
110	100	4,016
120	100	4,148
130	100	4,28
140	100	4,324
150	100	4,412
160	100	4,456
170	100	4,5
180	100	4,5
190	100	4,5
200	100	4,5

Результати експерименту по допоміжному каналу (положення регулюючого органу - витрата газу зверху абсорбера) приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Результати експерименту каналу «положення регулюючого органу - витрата газу зверху абсорбера»

$t, c$	$U$	$Q, \text{м}^3/\text{год}$
0	100	3400
10	100	3372
20	100	3351

$t, c$	$U$	$Q, m^3/год$
30	100	3337
40	100	3326
50	100	3319
60	100	3314
70	100	3311
80	100	3309
90	100	3307
100	100	3305
110	100	3304
120	100	3303
130	100	3302
140	100	3302
150	100	3301
160	100	3300
170	100	3300
180	100	3300
190	100	3300
200	100	3300

#### 2.4 Обробка результатів експерименту

Користуючись даними таблиці 2.1 здійснимо побудову перехідної характеристики по каналу «положення регулюючого органу - тиск в абсорбері», який є основним, а результати наведемо на рисунку 2.3.

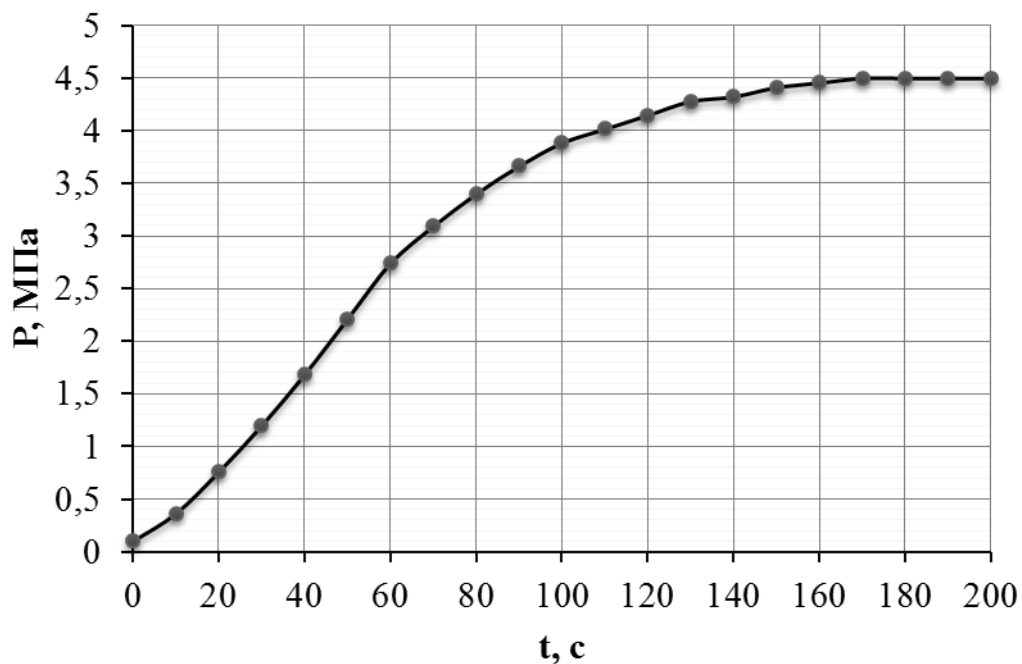


Рисунок 2.3 – Вигляд перехідної характеристики за каналом «положення регулюючого органу - тиск в абсорбері»

Щоб здійснити наступні обрахунки переведемо дані, які представлені у таблиці 2.1 до вигляду безрозмірних величин відповідно таких формул:

$$X_{axi}^* = \frac{X_{axi} - X_{ax0}}{X_{ax\max} - X_{ax0}}, \quad Y_{vixi}^* = \frac{Y_{vixi} - Y_{vix0}}{Y_{vix\max} - Y_{vix0}}, \quad (2.1)$$

де  $X_{axi}$ ,  $Y_{vixi}$  - біжучі значення вхідної і вихідної величин в розмірних одиницях;

$X_{ax0}$ ,  $Y_{vix0}$  - значення вхідних та вихідних величин в розмірних одиницях до моменту нанесення збурення на КО;

$X_{ax\max}$  - максимальне значення вхідної величини в розмірних одиницях;

$Y_{vix\max}$  - значення вихідної величини після закінчення перехідного процесу в розмірних одиницях.

На основі даних формул отримаємо наступні значення в процесі приведення до безрозмірних значень (табл. 2.3):

$$x_{ax} = 1.$$

$$y_{vix0} = \frac{0.10 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0;$$

$$y_{vix1} = \frac{0.364 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.06;$$

$$y_{вих2} = \frac{0.76 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.15;$$

$$y_{вих3} = \frac{1.20 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.25;$$

$$y_{вих4} = \frac{1.684 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.36;$$

$$y_{вих5} = \frac{2.212 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.48;$$

$$y_{вих6} = \frac{2.74 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.6;$$

$$y_{вих7} = \frac{3.092 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.68;$$

$$y_{вих8} = \frac{3.4 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.75;$$

$$y_{вих9} = \frac{3.664 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.81;$$

$$y_{вих10} = \frac{3.884 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.86;$$

$$y_{вих11} = \frac{4.016 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.89;$$

$$y_{вих12} = \frac{4.148 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.92;$$

$$y_{вих13} = \frac{4.28 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.95;$$

$$y_{вих14} = \frac{4.324 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.96;$$

$$y_{вих15} = \frac{4.412 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.98;$$

$$y_{вих16} = \frac{4.456 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 0.99;$$

$$y_{вих17-20} = \frac{4.50 - 0.10}{4.50 - 0.10} = 1.$$

Таблиця 2.3 - Результати експерименту каналу «положення регулюючого органу - витрата газу зверху абсорбера» приведені до безрозмірних величин

$t, c$	$x_{ex}$	$y_{вих}$
0	1	0
10	1	0,06
20	1	0,15
30	1	0,25
40	1	0,36
50	1	0,48
60	1	0,6
70	1	0,68
80	1	0,75
90	1	0,81
100	1	0,86
110	1	0,89

$t, c$	$x_{ex}$	$y_{вих}$
120	1	0,92
130	1	0,95
140	1	0,96
150	1	0,98
160	1	0,99
170	1	1
180	1	1
190	1	1
200	1	1

На основі даних таблиці 2.3 збудуємо перехідну характеристику в безрозмірних величинах, що зображена на рисунку 2.4.

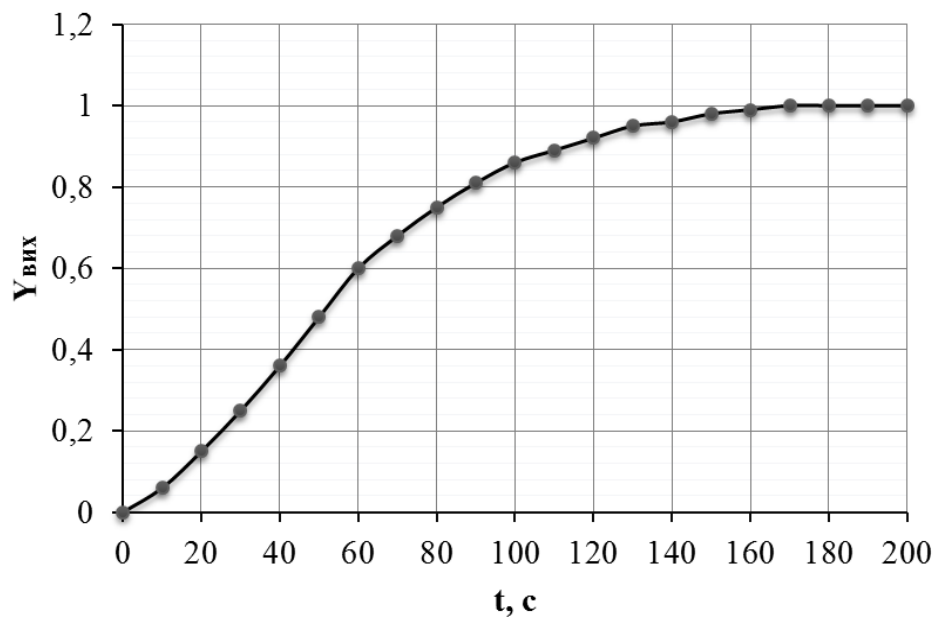


Рисунок 2.4 - Перехідна характеристика по каналу «положення регулюючого органу - тиск в абсорбері» приведена до безрозмірної величини

Апроксимацію перехідної характеристики виконаємо з використанням програмного продукту Аргох (результати приведені в додатку А1).

Відповідно до даних наведених в додатку А1 отримаємо таку передавальну функцію:

$$W(p) = \frac{1}{1002,404p^2 + 58,066p + 1}$$

Під час визначення даної функції було встановлено, що найбільша похибка апроксимації становить 1,9%, яка задовольняє поставлені умови.

Аналогічним чином апроксимуємо характеристику за каналом «положення регулюючого органу - витрата газу зверху абсорбера». Здійснимо побудову перехідної характеристики (рис. 2.5) відповідно до даних наведених в таблиці 2.2.

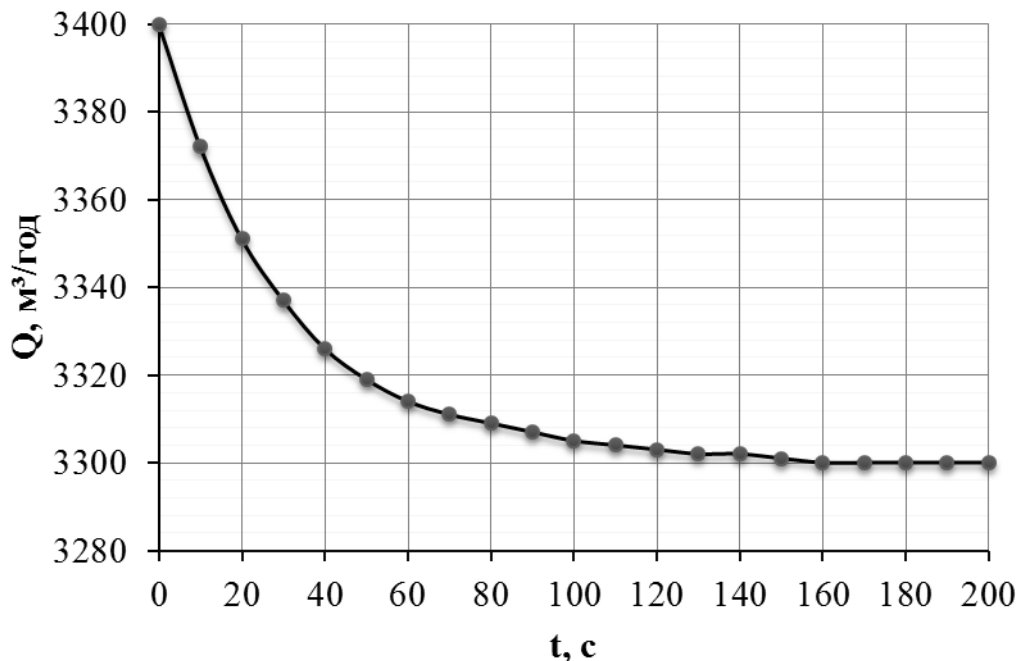


Рисунок 2.5 - Перехідна характеристика по каналу «положення регулюючого органу - витрата газу зверху абсорбера»

Здійснимо перехід до безрозмірних величин згідно формули 2.1:

$$x_{вх} = 1.$$

$$y_{вих0} = \frac{3400 - 3400}{3300 - 3400} = 0,000;$$

$$y_{вих1} = \frac{3372 - 3400}{3300 - 3400} = 0,280;$$

$$y_{вих2} = \frac{3351 - 3400}{3300 - 3400} = 0,490;$$

$$y_{вих3} = \frac{3337 - 3400}{3300 - 3400} = 0,630;$$

$$y_{вих4} = \frac{3326 - 3400}{3300 - 3400} = 0,740;$$

$$y_{вих5} = \frac{3319 - 3400}{3300 - 3400} = 0,810;$$

$$y_{вих6} = \frac{3314 - 3400}{3300 - 3400} = 0,860;$$

$$y_{вих7} = \frac{3311 - 3400}{3300 - 3400} = 0,890;$$

$$y_{вих8} = \frac{3309 - 3400}{3300 - 3400} = 0,910;$$

$$y_{вих9} = \frac{3307 - 3400}{3300 - 3400} = 0,930;$$

$$y_{вих10} = \frac{3305 - 3400}{3300 - 3400} = 0,950;$$

$$y_{вих11} = \frac{3304 - 3400}{3300 - 3400} = 0,960;$$

$$y_{вих12} = \frac{3303 - 3400}{3300 - 3400} = 0,970;$$

$$y_{вих13} = \frac{3302 - 3400}{3300 - 3400} = 0,980;$$

$$y_{вих14} = \frac{3302 - 3400}{3300 - 3400} = 0,980;$$

$$y_{вих15} = \frac{3301 - 3400}{3300 - 3400} = 0,990;$$

$$y_{вих16-20} = \frac{3300 - 3400}{3300 - 3400} = 1,000.$$

Результати обрахунків зводимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Результати експерименту каналу «положення регулюючого органу - витрата газу зверху абсорбера» приведені до безрозмірних величин

$t, c$	$x_{ex}$	$y_{вих}$
0	1	0
10	1	0,28
20	1	0,49
30	1	0,63
40	1	0,74
50	1	0,81
60	1	0,86
70	1	0,89
80	1	0,91
90	1	0,93
100	1	0,95
110	1	0,96
120	1	0,97
130	1	0,98
140	1	0,98
150	1	0,99

$t, c$	$x_{ex}$	$y_{вих}$
160	1	1
170	1	1
180	1	1
190	1	1
200	1	1

Відповідно до даних таблиці 2.4 здійснимо побудову перехідної характеристики у безрозмірних одиницях, а результати зобразимо на рисунку 2.6.

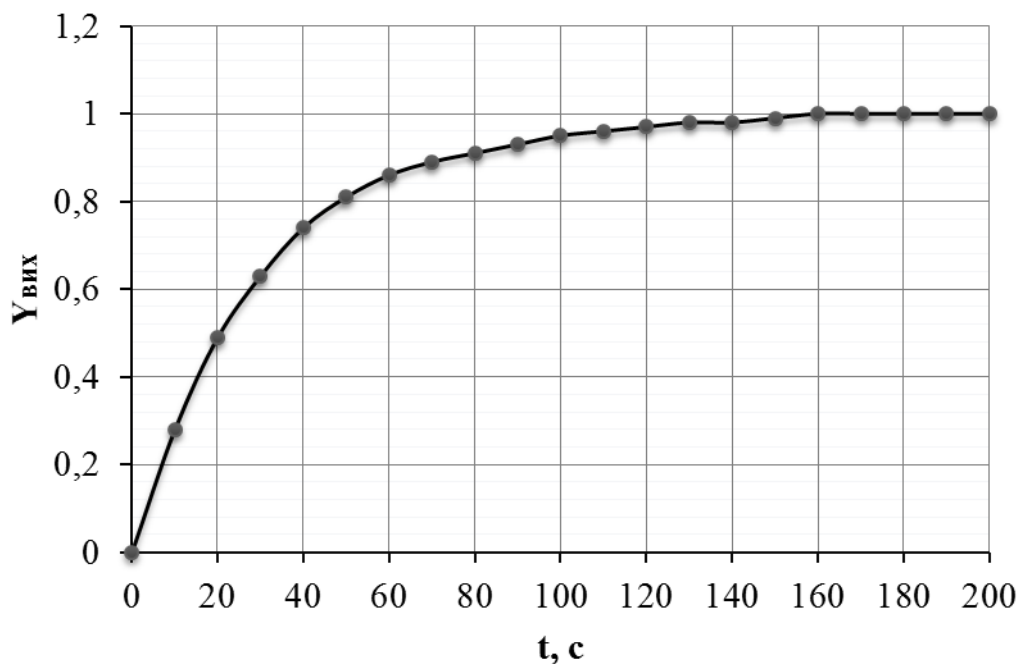


Рисунок 2.6 – Вигляд перехідної характеристики за каналом «положення регулюючого органу - витрата газу зверху абсорбера» приведена до безрозмірної величини

Апроксимацію перехідної характеристики виконаємо з використанням програмного продукту Аргох (результати приведені в додатку А2).

Відповідно до даних наведених в додатку А2 отримаємо таку передавальну функцію:

$$W(p) = \frac{1}{31,066p + 1}$$

Похибка апроксимації в даному випадку становить 1,6 %, що задовольняє

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умові поставлені до систем даного класу.

### **Висновки до розділу**

У розробленому розділі виконано математичний опис об'єкта керування а також визначено базові параметри котрі найбільше впливають на увесь перебіг технологічного процесу та очевидно від котрих найбільше залежить якість отриманого продукту.

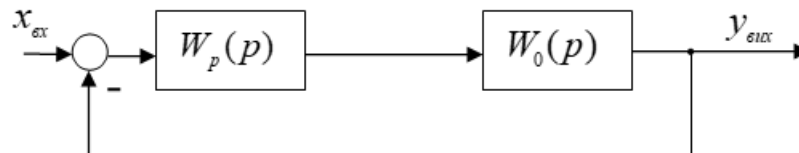
На базі проведеного експерименту визначено перехідні характеристики основного (положення регулюючого органу - тиск в абсорбері) і допоміжного (положення регулюючого органу - витрата газу зверху абсорбера) каналу регулювання.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Розрахунок параметрів одноконтурної САК

Досліджуваний об'єкт володіє самовирівнюванням, та у більшості випадків працює за умов повного навантаження. Структурна схема такого об'єкта в одноконтурній САК має вигляд наведений на рисунку 3.1.



$W_p(p)$  - функція регулятора;  $W(p)$  - функція об'єкта керування

Рисунок 3.1 – Структурна схема одноконтурної САК

З метою досягнення потрібних показників якості автоматичного регулювання, якості перехідного процесу, стійкості системи виберемо регулятор, який має ПІ – законом автоматичного регулювання, а його функція у символічному представленні є такою:

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

Відносно структури відображеної на рисунку 3.1 передавальна функція матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned} W_{роз}(p) &= \frac{C_1 p + C_0}{p} \cdot \frac{1}{1002,4040 p^2 + 58,0660 p + 1} = \\ &= \frac{C_1 p + C_0}{1002,4040 p^3 + 58,0660 p^2 + p}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

З урахуванням того, що у загальному функція передачі замкнутої системи, має такий наступний вигляд:

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

то після певних перетворень одержимо:

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{зам}(p) = \frac{\left( \frac{C_1 p + C_0}{1002,4040 p^3 + 58,0660 p^2 + p} \right)}{\left( 1 + \frac{C_1 p + C_0}{1002,4040 p^3 + 58,0660 p^2 + p} \right)} = \frac{C_1 p + C_0}{1002,4040 p^3 + 58,0660 p^2 + (1 + C_1) p + C_0}.$$

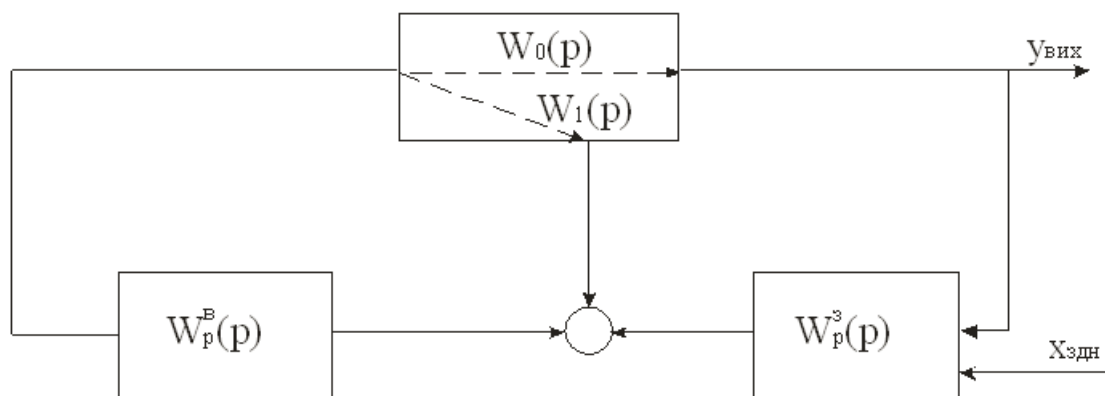
Пошук параметрів  $K_p = C_1$ ,  $K_i = C_0$ , виконано за допомогою функції Tune програмного продукту MATLAB. Результат такого обрахунку відображений у додатку Б1:  $K_p = C_1 = 1.7341$ ,  $K_i = C_0 = 0.028973$ .

Відповідно до отриманих результатів одержимо:

$$W_{зам}(p) = \frac{1,7341p + 0,028973}{1002,404p^3 + 58,066p^2 + 2,7341p + 0,028973}.$$

### 3.2 Розрахунок параметрів каскадної САК

Для здійснення ефективної реалізації каскадної САК (рис. 3.2) потрібно до наявного основного контуру автоматичного регулювання додати допоміжний контур автоматичного регулювання, який являтиметься малоінерційним. Таким являтиметься контур автоматичного регулювання витрати газу, яка вимірюється на виході із абсорбера.



$W_1(p)$  - функція допоміжного каналу;  $W_0(p)$  - функція основного каналу;

$W_p^B(p)$  - функція внутрішнього регулятора;  $W_p^3(p)$  - функція зовнішнього

регулятора

Рисунок 3.2 - Структурна схема каскадної САК

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функція передачі основного регулятора каскадної САК у символьному представленні є такою:

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

Як відомо з розділу 2:

$$W_0(p) = \frac{1}{1002,404p^2 + 58,066p + 1}$$

та

$$W_1(p) = \frac{1}{31,066p + 1}$$

Якщо зробити припущення, що для основного контуру  $W'_p$  регулювання робоча частота являтиметься суттєво меншою за робочу частоту допоміжного  $W''_p$  то у випадку  $W = W'_p$  буде справедливою нерівність:

$$\frac{1}{(W_p^e(j\omega))} \ll (W_1(j\omega)). \quad (3.5)$$

З урахування вищенаведених тверджень можна записати, що  $W'_e = \frac{W_0(p)}{W_1(p)}$ .

Виконавши підстановки та деякі перетворення одержимо:

$$W'_e(p) = \frac{31,066p + 1}{1002,404p^2 + 58,066p + 1}$$

Пошук параметрів  $K_p = C_1$ ,  $K_i = C_0$  ПІ-регулятора виконано за допомогою функції Tune програмного продукту MATLAB. Результат такого обрахунку відображений у додатку Б2:  $K_p = C_1 = 0,6211$ ,  $K_i = C_0 = 0,056826$ .

Отже можемо записати, що:

$$W_p^3(p) = \frac{0,6211p + 0,056826}{p}. \quad (3.6)$$

Функція передачі допоміжного каналу регулювання каскадної САК має такий вигляд:

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

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після певних підстановок та перетворень одержимо:

$$W''(p) = \frac{1002,404p^3 + 77,361p^2 + 3,368p + 0,056826}{31140,68p^4 + 2806,282p^3 + 89,132p^2 + p}$$

Пошук параметрів  $K_p = C_1$ ,  $K_i = C_0$  ПІ-регулятора виконано за допомогою функції Tune програмного продукту MATLAB. Результат такого обрахунку відображений у додатку Б2, а функція передачі після деяких перетворень матиме такий вигляд:

$$W_p^e(p) = \frac{6,167p + 0,61149}{p}$$

У загальному функція передачі каскадної САК має такий вигляд:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{W_p^3(p)W_0(p)W_p^e(p)}{W_p^3(p)W_0(p)W_p^e(p) + W_1(p)W_p^e(p) + 1} \quad (3.7)$$

Після певних підстановок та перетворень одержимо таку функцію передачі для каскадної САК:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{118,99p^3 + 26,52p^2 + 1,81p + 0,0347}{31140,68p^5 + 8985,1p^4 + 1179,003p^3 + 69,19p^2 + 2,42p + 0,0347}$$

### 3.3 Дослідження на стійкість одноконтурної САК

Дослідження стійкості виконаємо за допомогою використання критерію Михайлова, який заключається в аналізі годографа.

Виділимо з функції передачі одноконтурної САК характеристичний поліном:

$$F(p) = 1002,404p^3 + 58,066p^2 + 2,7341p + 0,028973.$$

та прирівняємо його до нуля:

$$1002,404p^3 + 58,066p^2 + 2,7341p + 0,028973 = 0.$$

Виконавши заміну  $p = j\omega$  одержимо:

$$-1002,404j\omega^3 - 58,066\omega^2 + 2,7341j\omega + 0,028973 = 0.$$

З отриманого рівняння виділимо дійсну а також уявну частину:

$$P(\omega) = -58,066\omega^2 + 0,028973;$$

$$Q(\omega) = -1002,404\omega^3 + 2,7341\omega.$$

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою виконання побудови годографа Михайлова застосуємо програмний пакет Mathcad, а результат обчислень відобразимо у додатку В1. З даного додатку можемо стверджувати, що годограф Михайлова проходить три квадранти та йде у безкінечність, що свідчить про стійкість САК за критерієм Михайлова.

### 3.4 Дослідження на стійкість каскадної САК

Виділимо з функції передачі каскадної САК характеристичний поліном:

$$F(p) = 31140,68p^5 + 8985,1p^4 + 1179,003p^3 + 69,19p^2 + 2,42p + 0,0347.$$

та прирівняємо його до нуля:

$$31140,68p^5 + 8985,1p^4 + 1179,003p^3 + 69,19p^2 + 2,42p + 0,0347 = 0.$$

Виконавши заміну  $p = j\omega$  одержимо:

$$31140,68j\omega^5 + 8985,1\omega^4 - 1179,003j\omega^3 - 69,19\omega^2 + 2,42j\omega + 0,0347 = 0.$$

З отриманого рівняння виділимо дійсну а також уявну частину:

$$P(\omega) = 8985,1\omega^4 - 69,19\omega^2 + 0,0347;$$

$$Q(\omega) = 31140,68\omega^5 - 1179,003\omega^3 + 2,42\omega.$$

З метою виконання побудови годографа Михайлова застосуємо програмний пакет Mathcad, а результат обчислень відобразимо у додатку В2. З даного додатку можемо стверджувати, що годограф Михайлова проходить п'ять квадрантів та йде у безкінечність, що свідчить про стійкість САК за критерієм Михайлова.

### 3.5 Оцінка якості керування за перехідними характеристиками

З метою ефективної оцінки якості перехідного процесу виконаємо побудову перехідної характеристики для одноконтурної системи автоматичного керування. Застосуємо для такої побудови пакет Matlab а зокрема його підпрограму Simulink (рис. 3.3).

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

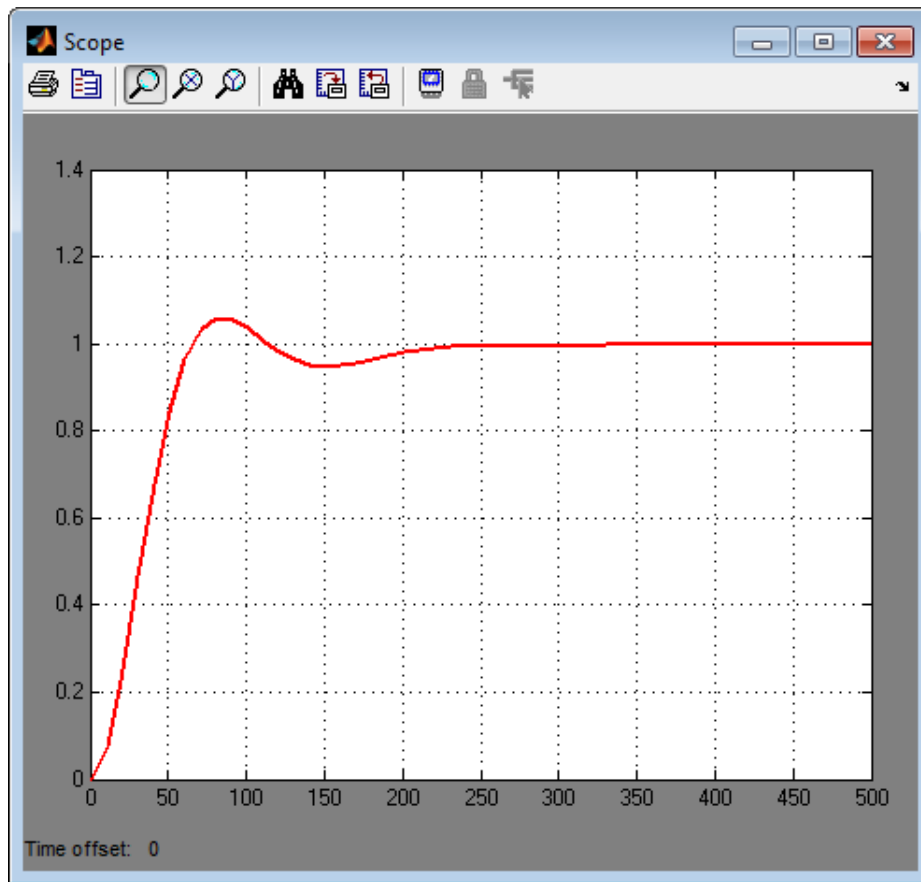
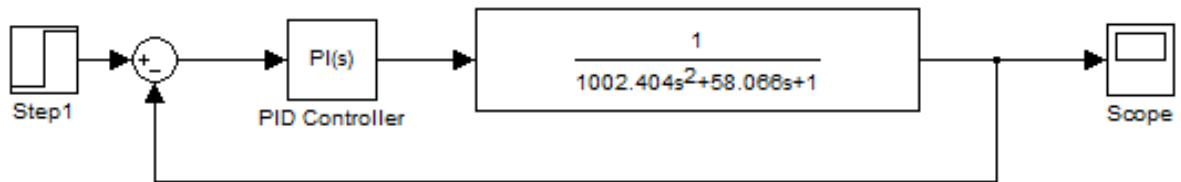


Рисунок 3.3 - Перехідна характеристика у Matlab одноконтурної САК

Визначимо для оцінки якості наступні показники системи автоматичного керування:

- час зростання:

$$t_n = 65,00 \text{ с};$$

- час досягнення першого максимуму:

$$t_m = 85,00 \text{ с};$$

- час перехідного процесу:

$$t_n = 230,00 \text{ с};$$

- перерегулювання:

$$\delta = 6,0\% .$$

З метою ефективної оцінки якості перехідного процесу виконаємо побудову

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перехідної характеристики для каскадної системи автоматичного керування. Застосуємо для такої побудови пакет Matlab а зокрема його підпрограму Simulink (рис. 3.4).

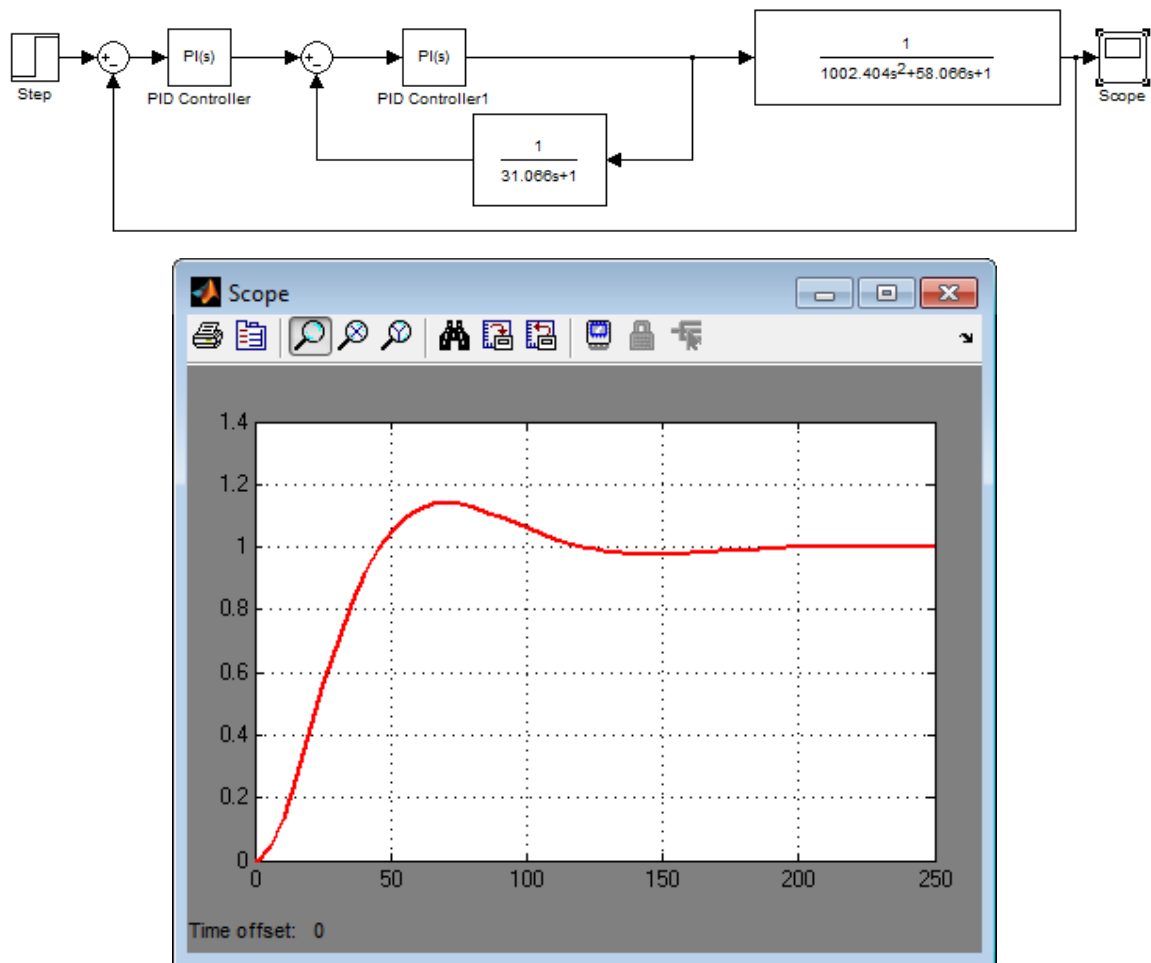


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика у Matlab каскадної САК

Визначимо для оцінки якості наступні показники системи автоматичного керування:

- час зростання:

$$t_n = 46,0 \text{ с};$$

- тривалість перехідного процесу:

$$t_n = 190,0 \text{ с};$$

- час досягнення першого максимуму:

$$t_m = 70,0 \text{ с}.$$

- перерегулювання:

$$\delta = 17,0\% .$$

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ				

## Висновки до розділу

Здійснено аналіз САК та досліджено дві схеми автоматичного керування (каскадну та одноконтурну).

За допомогою застосування програмного продукту Matlab визначено оптимальні параметри налаштування для регуляторів розроблених систем автоматичного керування та побудовані перехідні характеристики, які надали можливість визначити якісні показники систем керування.

Проведено аналіз стійкості САК за допомогою використання критерію стійкості Михайлова.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

### 4.1 Вибір технічних засобів нижнього рівня автоматизації

Контрольно-вимірювальні прилади тиску, температури, рівня, витрати та якісного складу вибрані виходячи із сторони відповідності технологічних параметрів установки. Процес вибору засобів автоматизації виконується за границями вимірювання, класами точності а також із дотриманням певного класу вибухобезпеки.

Для манометрів, які вимірюють змінний або пульсуючий тиск вимірювальна величина має бути в другій третині шкали, а для манометрів постійного тиску - в третій четвертині шкали. Для всіх приладів граничні значення мають перевищувати можливі екстремальні значення для вимірювальної величини на деяку величину котра являтиметься не меншою за допустиму похибку.

Здійснивши аналіз технологічний процес осушення газу, та вимог до контролю деяких основних параметрів та їх регулювання і загальний рівень наявної автоматизації цього виробництва проведемо вибір технічних засобів автоматизації (ТЗА).

Комплекс технічних засобів складається з засобів отримання інформації про стан даного технологічного процесу (параметру), засоби для формування і передачі інформації, ВМ.

З урахуванням того, що на досліджуваній установці присутні особливі пожежо-вибухо небезпечні умови експлуатації ТЗА, то здійснимо вибір ТЗА, які матимуть вибухозахищений вхідний та вихідний сигнал, та з гальванічною розв'язкою по кожному з каналів вимірювання. Усі електричні сигнали, що поступають в операторну або з неї проходять бар'єр іскрозахисту. Отже проаналізуємо конкретні типи технічних засобів, що вибрані для процесу автоматизації технологічного процесу осушення газу.

З урахуванням того, що на установці контролюється дуже велика кількість однотипних параметрів, то в розроблювану систему приладів ТЗА виберемо

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

однакові автоматичні пристрої. Даний факт значно полегшує їхнє використання, а отже експлуатацію, налаштування та відповідно ремонт.

Під час вибору ТЗА віддаватимемо переваги автоматичним приладам, які мають серійне виробництво. Зазвичай за умови великої кількості однакових параметрів для їх контролю використовують однакові прилади.

Для автоматизації установки осушення газу необхідні такі технічні засоби:

- первинні перетворювачі рівня, температури, тиску, витрати;
- виконавчі механізми;
- мікропроцесорний контролер.

#### 4.1.1 Вибір датчиків тиску

При виборі датчиків тиску, крім основних характеристик, повинні враховуватись ще й додаткові:

- вплив зовнішніх збурень;
- вплив контрольованого середовища;
- характер зміни тиску в часі.

В якості перетворювача тиску виберемо Метран-43-ДГ (рис. 4.1) у вибухозахисному виконанні, який має електричний уніфікований вихідний сигнал 4..20мА.



Рисунок 4.1 - Загальний вигляд давача Метран - 43

Давачі Метран 43-ДГ використовуються в процесі роботи в системах призначених для автоматичного регулювання, управління, контролю та відповідно

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечують неперервне перетворення значень параметрів, котрі вимірюється у уніфікованому сигналі.

Даний датчик виконаний з відкритою мембраною та призначається для використання у системах, які здійснюють контроль та регулювання рівня рідини наявного рідкого середовища. Зазначені датчики працюють із вторинною показуючою та реєструючою апаратурою, а також регуляторами й деякими іншими ТЗА, котрі працюють з стандартними сигналами.

Вибраний давач укомплектований рідкокристалічним індикатором, котрий відображає таку інформацію:

- значення вихідного сигналу у % від усього діапазону вимірювань;
- значення величини, котре вимірюється у вибраних одиницях для вимірювання;
- час становлення вихідного сигналу від мінімум 0,2 с. до максимум 25,6 с.;
- розмірність величини, котра вимірюється.

#### **4.1.2 Вибір датчиків температури**

При проведенні абсорбційної осушки газу температура коливається в межах від 25 до 35°C. З урахуванням цього вибрано термометр опору ТСМ-254, який має два чутливих елементи та вибухозахищене виконання. Діапазон вимірювання - 50°C÷180°C.

#### **4.1.3 Вибір датчиків рівня**

Оскільки рівень на установці осушення газу зазвичай вимірюється по перепаду тиску у апаратах, то підібрано датчики рівня типу “Метран-43 ДД”, (рис. 4.2), який має електричний уніфікований сигнал 4..20мА у вибухозахисному виконанні з максимально можливим перепадом тиску 160 кПа.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.2 - Датчик рівня типу “Метран-43 ДД”

#### 4.1.4 Вибір датчиків витрати

Вимірювання витрати регенованого та насиченого ДЕГу та вологого газу у абсорбери здійснюватимемо за допомогою витратоміра Fisher-Rosemount 8800 (рис. 4.3).

Середовищем у якому може працювати даний витратомір є газ, пара, рідина.

Цифрова технологія дозволяє витратоміру забезпечувати максимальну точність та надійність вимірювань. Великою перевагою є легкість підключення витратоміра. Вигляд витратоміра наведено на рисунку 4.3.



Рисунок 4.3 - Загальний вигляд витратоміра Fisher-Rosemount 8800

Ймовірність випадкових викидів унеможлиблю зварний корпус витратоміра. У витратоміра відсутні канали та щілини, які можуть забиватися та погіршувати характеристики (таблиця 4.1).

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 4.1 - Характеристика витратоміра Fisher-Rosemount 8800

Найменування параметра	Значення параметра
Надлишковий тиск в трубопроводі (МПа)	3,5
Температура середовища, що вимірюється:	
- стандартне виконання (°C)	-40...232
- високотемпературне виконання (°C)	-200...427
Стабільність (0,1% від витрати)	12 місяців
Межа допустимої основної похибки:	
- по цифровому і імпульсному виходу:	
1) для пари, газу (% від витрати)	1,350
2) для рідини (% від витрати)	0,650
- по струмовому виходу	1,35
Середовище вимірювань	газ, пара, рідина

Даний витратомір здійснює вимірювання витрати з урахуванням динамічної зміни параметрів робочого середовища, а саме температури та тиску а також при вимірюванні витрати такі змінні як в'язкість, густина, стиск або можливе розширення газу.

Слід віднести наступне до переваг даного витратоміра:

- мікропроцесорна електроніка зменшує час установки;
- широкий динамічний діапазон вимірювань;
- одночасний вивід аналогового, цифрового та імпульсних сигналів, що дозволяє контролювати та регулювати витрату одразу кількома пристроями;
- немає необхідності виходити до витратоміра, оскільки обмін даними відбувається по HART-комунікатор;
- датчик має вбудований чи виносний електронний блок, що суттєво підвищує гнучкість монтажу;
- широкий температурний діапазон дозволяє проводити вимірювання різних технологічних процесів;
- загальні модулі зменшують кількість запасних деталей.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

#### 4.1.5 Вибір виконавчого механізму

Аналоговий електричний сигнал є вихідним сигналом із МІК-51. З урахуванням вищенаведених факторів актуальним є вибір електричного ВМ, котрий здатний забезпечувати перетворення електричного командного сигналу у певний момент, котрий потрібний для позиціонування регулюючого органу (РО).



Рисунок 4.4 - Однообертвий виконавчий механізм

Таким ВМ є однообертвий ВМ МЭО-16/25-0.63, котрий розвиває крутний момент потужністю 16 Нм та відповідно здійснює 0.63 оберти за час 25 секунд.

#### 4.1.6 Вибір контролера

Одним з найважливіших елементів у спроектованій системі є контролер. В якості контролера вибрано багатофункціональний мікропроцесорний контролер МІК-51, який призначається для автоматичного регулювання а також логічного управління технологічними процесами. Призначений для використання в електротехнічній, харчовій, енергетичній, хімічній, металургійній, цементній, скляній і іншій галузях промисловості. Вигляд регулятора зображений на рисунку 4.5.

МІК-51 має можливість вести локальне, програмне, багатозв'язне та каскадне регулювання.

Має можливість ручного чи автоматично включення, виключення, переключення і реконфігурування контурів регулювання, причому усі ці операції виконуються незважаючи на складність структури керування. В поєднанні з обробкою аналогових сигналів він дозволяє виконувати логічні перетворення сигналів а також виробляти аналогові, імпульсні та й дискретні команди.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.5 - Вигляд регулятора МІК-51

Контролери даної серії можуть з'єднуватись у локальну керуючу мережу. За допомогою мережі контролери здатні обмінюватися інформацією у цифровій формі.

У склад контролера МІК-51 входить центральний мікропроцесорний блок контролера та клемно-блочний з'єднувач.

В даному контролері передбачено такі елементи:

- більш 50 типів зашитих у пам'ять функціональних блоків безупинної та дискретної обробки інформації;

- до 9 незалежних контурів регулювання;

- до 99 використовуваних блоків із вільним заповненням будь-якими іншими функціональними блоками;

- оперативне керування контурами регулювання за допомогою клавіш лицьової панелі;

- зміна режимів керування будь-якого ступеня складності;

- можуть комплектуватися модулем розширення;

- можливе об'єднання до 32 контролерів мережу.

Кількість наявних входів-виходів в базовій моделі контролера МІК-51:

- аналогові виходи - 1;

- аналогові входи - 4;

- дискретні виходи - 5;

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дискретні входи - 3.

Таблиця 4.2 - Функціональні параметри контролера МІК-51

Технічна характеристика	Значення
Число функціональних блоків	Не більше 50
Максимальне кількість функціональних блоків	99
Годинник реального часу	3 резервним живленням
Похибка цифрової обробки інформації:	
- множення, ділення	0,01%
- підсумовування, вирахування	0%
- вилучення квадратного кореня	0,1%
Час циклу	Не більш 0,1 с

## 4.2 Технічна реалізація системи автоматизації

### 4.2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема являється представляє з себе основний технічний документом, котрий визначає структуру окремих вузлів для автоматичного контролю і управління та й очевидно й регулювання технологічного процесу і степінь оснащення об'єкта управління приладами і ЗА.

На функціональній схемі показується:

- технологічна схема або спрощене зображення апаратів, які підлягають автоматизації;
- прилади та ЗА, які зображаються умовними позначеннями по діючих стандартах, а також лінії зв'язку між ними;
- таблиці умовних позначень;
- необхідні пояснення до схеми.

Функціональні схеми являються основою для складання відомостей і заказних специфікацій приладів та ЗА.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функціональна схема автоматизації установки осушення природного газу передбачає дистанційний контроль, регулювання та сигналізацію наступних технологічних параметрів:

- Дистанційний контроль та сигналізація максимальної температури в абсорберах К-1 - К-4, здійснюється за допомогою термометрів опору ТСМ-254 (поз. 2-а - поз. 5а), з яких уніфікований електричний сигнал 4-20мА поступає на мікропроцесорний регулятор МІК 51 (поз.2-в - поз. 5-в).

- Дистанційний контроль та сигналізація максимальної температури в випарній колоні К-5 - здійснюється за допомогою термометрів опору ТСМ-254 (поз. 1-а) з якого сигнал поступає на мікропроцесорний регулятор МІК 51 (поз.1-в).

- Дистанційний контроль та сигналізація максимального тиску в абсорберах К-1 - К-4 здійснюється за допомогою перетворювача тиску Метран-43 (поз. 8-а - поз. 11-а), з яких сигнал поступає на мікропроцесорний контролер МІК 51 (поз.8-в - поз. 11-в).

- Дистанційний контроль та сигналізація мінімального тиску розрідження в випарній колоні К-5 - здійснюється за допомогою датчика розрідження Метран-43 (поз. 6-а) з якого сигнал поступає на мікропроцесорний регулятор МІК 51 (поз.6-в).

- Дистанційний контроль та сигналізація по мінімальній витраті ДЕГу в абсорбери К-1 - К-4 - здійснюється за допомогою витратоміра Fisher-Rosemount 8800 (поз. 13-а, 15-а, 17-а, 19-а) та перетворювача (поз. 13-в, 15-в, 17-в, 19-в) з якого сигнал поступає на регулятор МІК-51 (поз. 13-с, 15-с, 17-с, 19-с). Регулятор здійснює корекцію та відправляє керуючий сигнал на ВМ (поз. 13-d, 15-d, 17-d, 19-d).

- Дистанційний контроль та сигналізація по мінімальному рівню ДЕГу в абсорберах К-1 - К-4 здійснюється за допомогою перетворювача рівня типу Метран-43-ДД (поз. 24-а - поз. 27-а) та перетворювача (поз. 24-в - 27-в) з якого сигнал поступає на регулятор МІК-51 (поз. 24-с - 27-с). Регулятор здійснює корекцію та відправляє керуючий сигнал на ВМ (поз. 24-d - 27-d).

- Дистанційний контроль та сигналізація по мінімальному рівню ДЕГу в К-5 здійснюється за допомогою перетворювача рівня типу Метран-43-ДД (поз. 20-а) та

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перетворювача (поз. 20-в) з якого сигнал поступає на регулятор МІК-51 (поз. 20-с). Регулятор здійснює корекцію та відправляє керуючий сигнал на ВМ (поз. 20-d).

Дистанційний контроль рівня конденсату в Е-3 - здійснюється за допомогою перетворювача рівня типу Метран-43-ДД (поз. 22-а) та перетворювача (поз. 22-в) з якого сигнал поступає на регулятор МІК-51 (поз. 22-с). Регулятор здійснює корекцію та відправляє керуючий сигнал на ВМ (поз. 22-d).

- Дистанційний контроль рівня ДЕГу в Е-2 здійснюється за допомогою перетворювача рівня типу Метран-43-ДД (поз. 23-а) та перетворювача (поз. 23-в) з якого сигнал поступає на регулятор МІК-51 (поз. 23-с). Регулятор здійснює корекцію та відправляє керуючий сигнал на ВМ (поз. 23-d).

Всі модулі аналогового вводу зав'язані між собою в локальну мережу RS485, та призначені для формування вихідних сигналів (за запитом) та передачу їх на верхній рівень автоматизації.

#### **4.2.2 Розробка схеми зовнішніх з'єднань**

Схема зовнішніх з'єднань - це комбінована схема на якій показуються електричні та трубні зв'язки між наявними приладами та використаними засобами автоматизації, котрі змонтовані на автоматизованому технологічному обладнанні, зовні щитів і на щитах та підключення проводок до задіяних приладів та щитів.

Виконана в даному проекті схема зовнішніх з'єднань розробляється на основі функціональної схеми автоматизації процесу осушення природного газу.

На схемі зовнішніх з'єднань показуються:

- лінії живлення;
- монтажні символи давачів, приладів, РО і ВМ;
- лінії захисного заземлення;
- умовні позначення щитів та допоміжного обладнання такого як фільтри, редуктори, розділювальні посудини;
- лінії електричних і трубних проводок;
- електричні з'єднувальні коробки;
- основний напис.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Зверху графічного умовного позначення приладів, давачів та ВМ розміщуються табличні пояснювальні надписи.

Вибір кабелів, труб, проводів та вибір способів виконання електропроводки здійснюється відповідно до певних вказівок.

Виконується маркування кожної із цих ліній, а також вказується тип чи можливо марка електричної чи трубної проводки між з'єднаннями.

Зазначена схема зовнішніх проводок являється робочим документом, котрий відображає фізичний об'єм монтажних робіт, наявну технічну суть а також особливості здійснення проводок та відповідно може являтися вихідним документом в процесі складання проекту робіт.

#### **4.2.3 Розробка схеми щита сигналізації та управління**

Щити систем автоматизації використовуються з метою розміщення у них засобів контролю а також управління технологічним процесом.

Щити і пульти встановлюються в спеціальних щитових приміщеннях: операторна, диспетчерська, апаратна.

Щити і пульти по конструкції поділяються на:

- Щити шкафні повногабаритні і малогабаритні.
- Пульти шкафні окремо стоячі і приставлені до шкафних і панельних щитів.

На монтажну площадку щити і пульти розставляються повністю підготовленими до роботи, з завершеною трубною і електричною комутацією, конструкцією для кріплення приладів, апаратури, кабелів, труб з деталями кріплення.

Щити і пульти встановлюють з таким розрахунком, щоб відстань між ними була не меншою 800мм.

Розробка загальних виглядів щитів і пультів зводиться до:

- Правильного вибору стандартного щита, пульта, виходячи з кількості приладів і електроапаратури, які потрібно розмістити та категорії приміщення, де встановлюється щит.

- Розміщення всіх приладів і апаратури на фасадних панелях і всередині

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щитів та пультів.

- Графічного оформлення креслень загального вигляду щита і пульта.

При розміщенні апаратури на фасаді щита її необхідно розміщати в такій послідовності:

- Сигнальна арматура наявності напруги живлення.

- Сигнальна арматура технологічної сигналізації.

- Показуючі прилади.

- Регіструючі прилади.

- Апаратура управління (кнопки, перемикачі режиму роботи).

Виходячи з вище перерахованих вимог в даній роботі вибрано щит сигналізації та управління шкафного типу ЩШ-ЗД-2200x1000x600. Він забезпечує нормальні умови експлуатації електроапаратури і вимог техніки безпеки.

Вся апаратура, яка необхідна оператору для керування та спостереження за ходом технологічного процесу розміщена на фасаді щита, а та, яка не приймає в цьому участі розміщена безпосередньо всередині щита на боковій стінці.

В даній роботі на кресленні показано загальний вигляд вибраного щита сигналізації та управління та вигляд на внутрішні поверхні розгорнуто.

#### **4.2.4 Розробка схеми під'єднань**

Схема під'єднань являється одним з основних монтажних документів, за допомогою якої відбувається монтажні з'єднання приладів і засобів автоматизації. В даній роботі розроблена схема під'єднань контуру регулювання тиску в блоці абсорберів К-1-К-4.

Схема під'єднань приладів тиску здійснюється через бар'єри іскрозахисту, що забезпечує дотримання вимог вибухобезпеки даної установки. Уніфіковані сигнали від датчиків тиску також проходять через бар'єри іскрозахисту.

Сигнали від датчиків тиску подаються в клемну колодку модуля аналогових входів, вихід якого RS485 подається на адаптер зв'язку.

Схема під'єднань виконавчих механізмів з електроприводом також здійснюється через бар'єри іскрозахисту, як по ходу сигналу, так і по ходу напруги

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

живлення.

Виконавчі механізми підключаються до блока аналогових виходів до клемної колодки.

Підвід напруги живлення 220В до блоків живлення здійснюється через клемник. Блоки живлення забезпечують живлення датчиків напругою 24В.

### **Висновки до розділу**

Наведено процес вибору ТЗА, які безпосередньо потрібні в процесі експлуатації розглядуваного об'єкту, дивлячись з стороною умов протікання даного процесу.

Розроблено і описано проектну документацію, в яку входить: функціональна схема автоматизації, структурна схема ієрархічної системи керування а також схема під'єднань.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## ВИСНОВКИ

Виконано аналіз процесу осушення природного газу з точки зору його автоматизації. Експериментальним методом визначено передавальні функції об'єкта керування, вибрано регулятори та розраховано їх оптимальні параметри налаштування. Здійснено дослідження одноконтурної та каскадної систем керування та визначено їх показники якості, а також проведено дослідження стійкості систем.

Виконано побудову ієрархічної структурної схеми регулювання, а також виконано вибір технічні засоби автоматизації.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного управління спеціалізованими системами [Текст]: навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. – 74 с.

2. Семенцов, Г. Н. Теорія автоматичного управління спеціалізованими системами [Текст] : лаб. практикум / Г. Н. Семенцов, В. С. Борин, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – 42 с.

3. Горбійчук М. І. Оптимальне та адаптивне керування в нафтогазовій промисловості [Текст]: конспект лекцій. / М. І. Горбійчук. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. – 93 с.

4. Горбійчук, М. І. Алгоритми і методи обчислень [Текст] : навч. посіб. / М. І. Горбійчук. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. – 310 с.

5. Горбійчук М. І. Алгоритми і методи обчислень [Текст]: конспект лекцій / М. І. Горбійчук. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – 270 с.

6. Кучмистенко О. В. Проектування комп'ютерно-інтегрованих систем автоматизації [Текст]: конспект лекцій / О. В. Кучмистенко. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2022. – 104 с.

7. Каталоги продукції фірм Мікрол та Honeywell.

8. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 1999. 610 с.

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

10. Дранчук М.М. Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості. Навчальний посібник. Івано-Франківськ: Факел, 2005. 448 с.

11. Кучмистенко О. В. Основи моніторингу технологічних об'єктів нафтогазової галузі [Текст]: метод. вказ. для сам. вивчення дисципліни / О. В. Кучмистенко. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 15 с.

12. Кучмистенко О. В. Планування та обробка результатів експерименту [Текст]: метод. вказ. для сам. вивчення дисципліни / О. В. Кучмистенко. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 15 с.

					БР.АКПз-06.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

# Додаток А1

Апроксимація V1.0.

Поліном знаменника N    
 Поліном чисельника M    
 Вхідне збурення  $X_0$

Крок дискретності T    
 Кількість дискрет переходної  $x$ -ки NK

t, c	y(t)	h(t)	$\delta(t)$
0	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0600	0.0410	0.0190
20	0.1500	0.1360	0.0140
30	0.2500	0.2540	0.0040
40	0.3600	0.3760	0.0160
50	0.4800	0.4910	0.0110
60	0.6000	0.5940	0.0060
70	0.6800	0.6820	0.0020
80	0.7500	0.7550	0.0050
90	0.8100	0.8150	0.0050
100	0.8600	0.8620	0.0020
110	0.8900	0.8980	0.0080
120	0.9200	0.9270	0.0070
130	0.9500	0.9480	0.0020

Fi	Ai	Bi	Ui	Vi
58,066...	1,0000	1,0000	-0,0290	-0,0126
1002,4...	58,06...		-0,0290	0,0126
	1002...			

Максимальна похибка  $\Delta_{\text{Max}}=1,90\%$  в точці  $T=10\text{c}$   

$$W(p) = \frac{1}{1002,404p^2 + 58,066p + 1,000}$$

- y(t) - h(t)

## Додаток А2

Апроксимація V1.0.
✕

Поліном знаменника N 
Поліном чисельника M 
Вхідне збурення X<sub>0</sub> 
Оновити

Крок дискретності T 
Кількість дискрет переходної x-ки NK 
Розрахунок

t, c	y(t)	h(t)	δ(t)
0	0,0000	0,0000	0,0000
10	0,2800	0,2750	0,0050
20	0,4900	0,4740	0,0160
30	0,6300	0,6190	0,0110
40	0,7400	0,7240	0,0160
50	0,8100	0,8000	0,0100
60	0,8600	0,8550	0,0050
70	0,8900	0,8940	0,0040
80	0,9100	0,9230	0,0130
90	0,9300	0,9440	0,0140
100	0,9500	0,9600	0,0100
110	0,9600	0,9710	0,0110
120	0,9700	0,9780	0,0080
130	0,9800	0,9840	0,0040

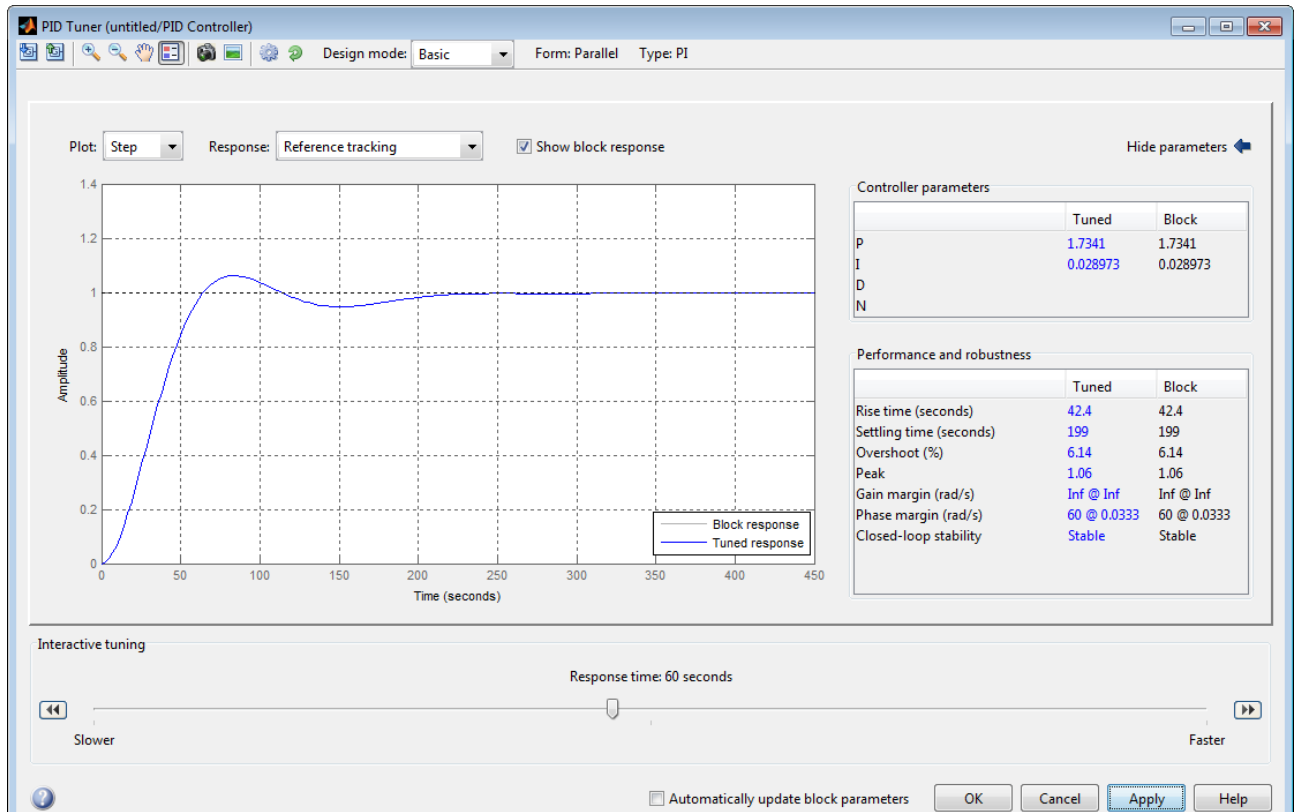
Fi	Ai	Bi	Ui	Vi
31,066...	1,0000	1,0000	-0,0322	0,0000
	31,06...			

**Максимальна похибка DeltaMax=1,60% в точці T=20c**

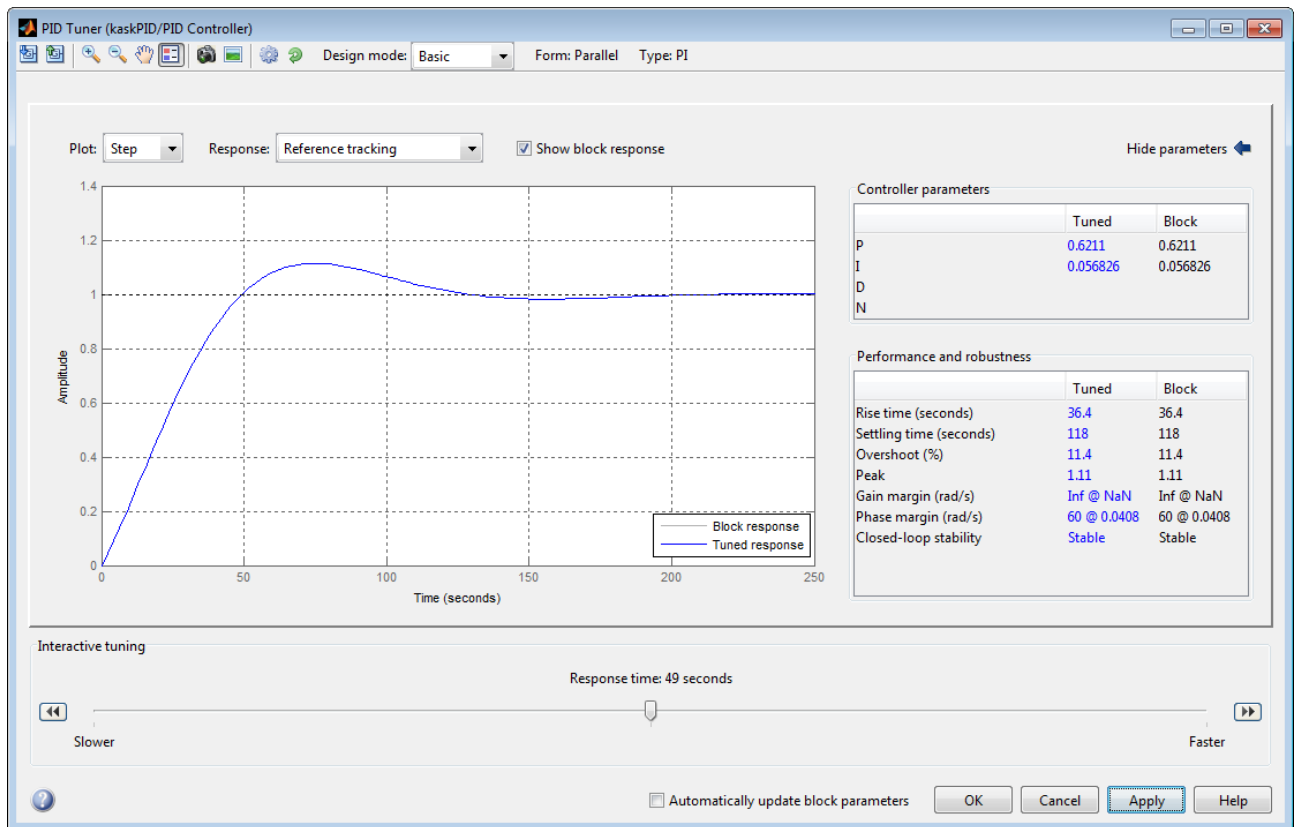
$$W(p) = \frac{1}{31,066p^1 + 1,000}$$

- y(t) - h(t)

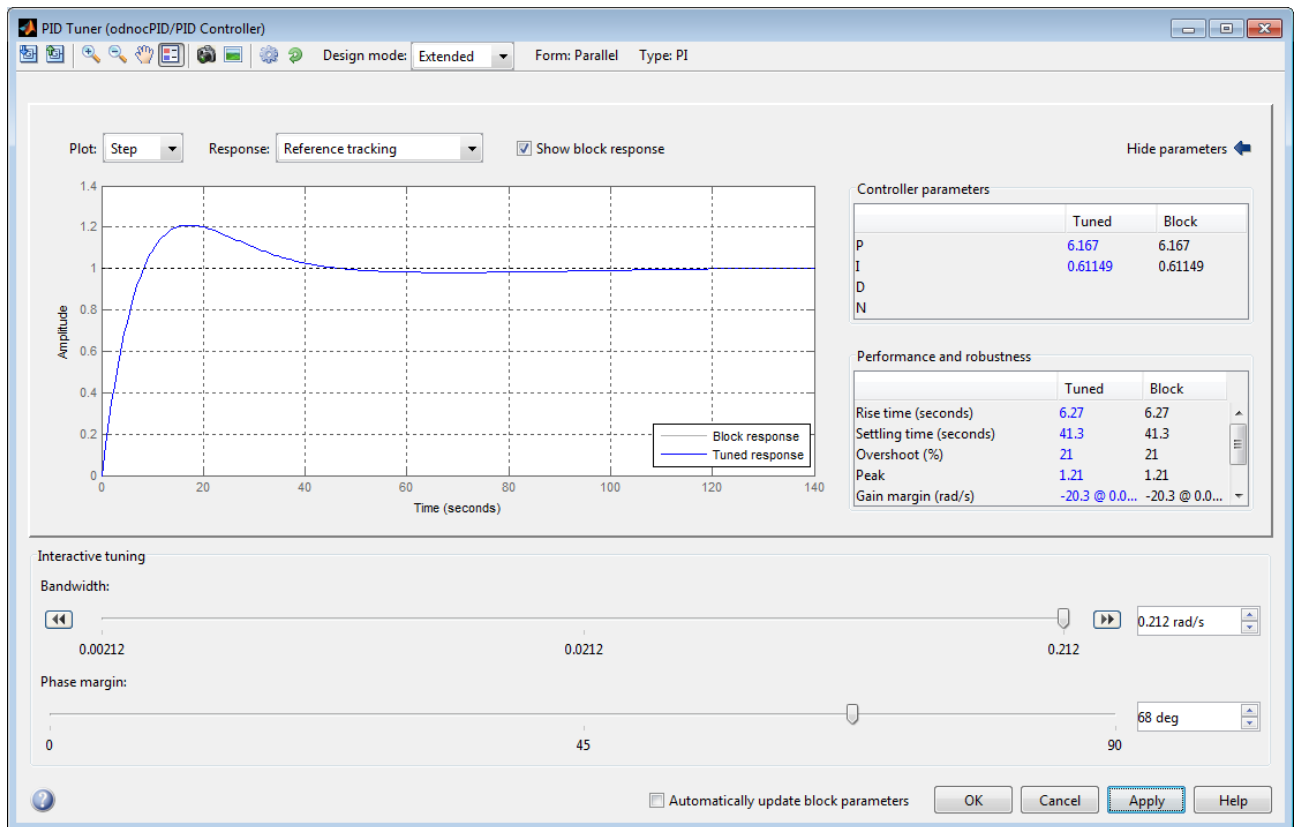
# Додаток Б1



## Додаток Б2



# Додаток Б3

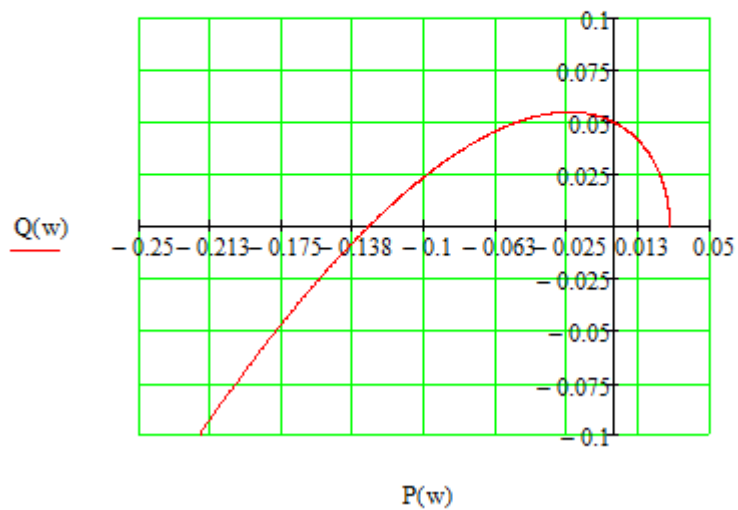


## Додаток В1

$$P(w) := -58.066 \cdot w^2 + 0.028973$$

$$Q(w) := -1002.404 \cdot w^3 + 2.7341 \cdot w$$

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



## Додаток В2

$$P(w) := 8985.1 \cdot w^4 - 69.19 \cdot w^2 + 0.0347$$

$$Q(w) := 31140.68w^5 - 1179.003 \cdot w^3 + 2.42 \cdot w$$

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

