

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ

Група АКП-21-1

**Максим Солонишин**

**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

Солонишин Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 622.276.34:681.512.2

(індекс)

## БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Модернізація системи автоматизації блоку АТ-2 установки

(назва роботи)

атмосферно-вакуумної перегонки нафти

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

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-21-1

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

М.В. Солонишин

(ініціали та прізвище)

### Науковий керівник

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

М.І. Когутяк

(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**

Солонишин Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація системи автоматизації блоку АТ-2 установки атмосферно-вакуумної перегонки нафти

керівник роботи Когутяк Мирослав Іванович, доцент, к.т.н.

(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 атмосферної перегонки нафти 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.АКП-20.00.00.001;

Лист 2 - Експериментальне дослідження - БР.АКП-20.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз і синтез одноконтурної АСК - БР.АКП-20.00.00.003;

Лист 4 - Аналіз і синтез каскадної АСК - БР.АКП-20.00.00.004;

Лист 5 - Структура ієрархічної системи керування - БР.АКП-20.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКП-20.00.00.006.

## 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 атмосферної перегонки нафти 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)

М.В. Солонишин \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

М.І. Когутяк \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить: 76 сторінок друкованого тексту, 18 рисунків, 10 таблиць, 11 переліків посилань на використані джерела та 3 додатка.

Тема: Модернізація системи автоматизації блоку АТ-2 установки атмосферно-вакуумної перегонки нафти.

Об'єкт дослідження: блок АТ-2 установки АВТ.

Мета проекту: внесення удосконалень до системи автоматичного керування.

Методи дослідження: експериментальне моделювання об'єкта керування а також аналіз отриманих перехідних характеристик.

Результати бакалаврської роботи: в роботі виконано аналіз установки АТ-2, як об'єкта автоматизації. Обрано точки контролю та регулювання, розроблено функціональну схему автоматизації. Дано обґрунтування даного напрямку автоматизації.

Для управління технологічним процесом первинної переробки нафти, що протікає на установці АТ-2 розроблено нижній і верхній рівень керування на базі сучасних засобів автоматизації.

Ключові слова: технологічний процес; одноконтурна САК; каскадна САК; параметри налаштування регулятора; технічні засоби.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis contains: 76 pages of printed text, 18 figures, 10 tables, 11 lists of references to used sources and 3 appendices.

Topic: Improvement of the automation system of the AT-2 unit of the atmospheric-vacuum oil distillation unit.

The object of the study: unit AT-2 of the AVT installation.

The goal of the project: making improvements to the automatic control system.

Research methods: experimental modeling of the control object, as well as analysis of the obtained transient characteristics.

The results of the bachelor's work: the analysis of the AT-2 installation as an object of automation was carried out in the work. Control and regulation points were selected, a functional automation scheme was developed. The rationale for this direction of automation is given.

In order to control the technological process of primary oil processing at the AT-2 installation, the lower and upper control levels have been developed based on modern automation tools.

Keywords: technological process; single circuit SAC; cascade SAH; regulator setting parameters; technical means.

## ЗМІСТ

	<b>ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>8</b>
	<b>ВСТУП.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНОЇ ПЕРЕГОНКИ НАФТИ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>10</b>
	1.1 Призначення атмосферного блоку і суть процесу ректифікації.....	10
	1.2 Характеристика підготовленої нафти і вихідних продуктів.....	12
	1.3 Аналіз технологічної схеми атмосферного блоку установки АВТ.	15
	1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання.....	19
	1.5 Вибір а також обґрунтування параметрів контролю й регулювання на атмосферному блоці установки АВТ.....	22
	1.6 Вибір напрямку дослідження.....	27
	Висновки до розділу.....	28
<b>2</b>	<b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>29</b>
	2.1 Обґрунтування вибору об'єкта автоматизації.....	29
	2.2 Вибір якісних показників.....	30
	2.3 Експериментальне моделювання роботи циліндричної печі.....	30
	2.3.1 Підготовка і проведення експерименту, виявлення вхідних і вихідних змінних.....	31
	2.3.2 Обробка результатів експерименту.....	32
	Висновки до розділу.....	37
<b>3</b>	<b>СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>38</b>

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Модернізація системи автоматизації блоку АТ-2 установки атмосферно-вакуумної перегонки нафти	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Солонишин М.В.				6	76	
Перевір.		Когутяк М.І.						
Реценз.		Чигур Л.Я.						
Н. Контр.		Кучмистенко О.В.						
Затверд.		Лагойда А.І.			АКП-21-1 ІФНТУНГ			

3.1 Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів в одноконтурній АСР.....	38
3.2 Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів в каскадній АСР.....	39
3.3 Дослідження на стійкість одноконтурної АСР.....	42
3.4 Дослідження на стійкість каскадної АСР.....	42
3.5 Оцінка якості керування за перехідними характеристиками.....	43
Висновки до розділу.....	45
<b>4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК.....</b>	<b>46</b>
4.1 Побудова структурної схеми управління а також контролю.....	46
4.2 Підбір технічних засобів автоматизації.....	48
4.2.1 Підбір датчиків температури.....	48
4.2.2 Вибір датчиків тиску.....	50
4.2.3 Вибір давача витрати.....	51
4.2.4 Вибір давачів рівня.....	52
4.2.5 Вибір виконавчого механізму.....	53
4.2.6 Вибір мікропроцесорного контролера.....	55
4.3 Реалізація системи автоматизації.....	57
4.3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	57
4.3.2 Розробка конструкції загального вигляду щита.....	64
Висновки до розділу.....	65
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>66</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....</b>	<b>67</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АВТ - атмосферно-вакуумна трубчатка.

АПО - апарат повітряного охолодження.

АТ - атмосферна трубчатка.

в.к.к. - висококиплячий компонент.

ЕЛЗУ - електрознесолююча установка.

КВПіА - контрольно вимірні прилади і автоматизація.

КО - керований об'єкт.

н.к.к. - низькокиплячий компонент.

ПЛК - програмований логічний контролер.

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

ФСА - функціональні схеми автоматизації.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Україна входить до числа країн, що здатні самі себе забезпечити нафтою і нафтопродуктами. Велике місце посідає раціональне використання запасів нафти та її правильна переробка. Нафта - цінна сировина хімічної промисловості. Хімічній промисловості більше ста років. За останні 30 років її розвиток досягнув небачених темпів розвитку. Розвиток промисловості нафтохімічного синтезу базується на комплексній переробці нафти, що забезпечує виробництво різноманітних видів палива, різних мастил, сировини для отримання синтетичних полімерних матеріалів, таких як пластичні маси, волокна, каучуки, лаки, а також миючих засобів та інших продуктів.

Для виробництва різноманітних нафтопродуктів потрібні інші методи, які включають розділення нафти на фракції та групи вуглеводнів, а також методи зміни її хімічного складу. Методи переробки нафти можна класифікувати на процеси розділення нафти на фракції, які забирають можливі можливості для асортименту, кількістю і якістю отриманих продуктів і напівпродуктів. До вторинних процесів відходяться процеси деструктивної переробки нафти й очищення нафтопродуктів. Процеси деструктивної переробки нафти спрямовані на зміну її хімічного складу за допомогою термічного і каталітичного впливу.

В роботі розробляється автоматизована система керування блоком АТ-2 установки АВТ. Управління технологічними процесами з використанням автоматизованих пристроїв вимагає виконання наступних основних завдань: а) моніторинг та регулювання параметрів процесу, таких як температура, рівень, тиск у закритих апаратах, витрата сировини, кількість і якість рідини, газів та ін. д.; б) відображення сигналів технологічних параметрів у випадку відхилення від допустимих граничних значень.

Розробка сучасних мікропроцесорних автоматичних систем контролю та керування об'єктами в нафтовій та газовій промисловості неможлива без вміння правильно вибрати сучасні технічні засоби автоматизації.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНОЇ ПЕРЕГОНКИ НАФТИ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

## 1.1 Призначення атмосферного блоку і суть процесу ректифікації

Атмосферний блок входить в склад установки атмосферно-вакуумної перегонки АВТ і призначений для:

- знесолення сирової нафти, яка надходить на установку, від механічних домішок, солей і води;
- ректифікації нафти з метою отримання фракцій бензину, гасу, дизпалива а також мазуту.

Окрім цих продуктів на блоці виходять сухий і жирний гази, зріджений газ (рефлюкс).

На перегонку зазвичай поступають нафти або суміші нафт з вмістом світлих дистилатів (що википають до 370 °С) від 42 до 50 % мас.

Сучасні атмосферні блоки великої потужності складаються з наступних частин:

- попереднього нагріву нафти в теплообмінниках;
- електрознесолювання і зневоднення нафти (блок ЕЛЗУ);
- подальшого нагріву в теплообмінниках;
- відбензинювання нафти, яке відбувається у колонах підвищеного тиску із нагрівальною піччю;
- атмосферної колони яка має нагрівальну піч і відпарні колони;
- стабілізації і вторинної перегонки бензину на вузькі фракції.

У роботі установок АТ є істотні недоліки технологічного, енергетичного і іншого характеру. Не досягається повне вилучення основних компонентів, що містяться в сировині. При переробці нафти 3-4% світлих компонентів залишається в залишку - мазуті. Це призводить до зменшення ресурсів компонентів моторних палив. Крім того, відділення тих, що залишилися в мазуті у порівняно великих кількостях дизельних фракцій, ускладнює конструкцію вакуумної колони.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Отримувані вуглеводневі фракції часто не відповідають технічним нормам. Одним з серйозних недоліків в системі ректифікації АТ є налягання бензино - газових, газових, дизельних фракцій за температурними градієнтами.

В основі атмосферної перегонки нафти лежить процес ректифікації, який має на меті розділення рідких сумішей на практично чисті компоненти або фракції залежно від їх температури кипіння.

Ректифікація - це процес розподілу рідких сумішей разом із розчинними компонентами, які відрізняються за температурою кипіння. Цей процес відбувається шляхом протитичного, багатократного контакту між незрівняними парою і слабкою фазою.

Фізична суть процесу ректифікації відбувається у взаємному масо- та теплообміні між незрівняними потоками пари і рідини за умови високої турбулентності на поверхні контакту цих фаз. Як внаслідок масообміну, пара збагачується низькокиплячими компонентами, тоді як рідина - висококиплячими. Після достатньої кількості контактів можна отримати пари, в основному складі яких утворюються низькокиплячі компоненти, тоді як рідина містить в основному висококиплячі компоненти.

На практиці, ректифікація, як і будь-який дифузійний процес, відбувається в умовах протитичності пари і рідини, що спричиняє різницю у температурах та нерівномірність відповідно до зустрічних потоків. Під час проведення багатократного та поступового випару або конденсації може бути досягнуто отримання парової або слабкої фази з будь-якою заданою концентрацією компонентів. Проте вихід парової або слабкої фази з такою концентрацією буде невеликим у порівнянні з масою початкової суміші, це проблема буде розв'язана лише на рівні якісних змін.

Під час цього процесу не можна очікувати чіткого розподілу компонентів, після значних обсягів парових або рідких фаз, які виходять, маючи склад, який суттєво відрізняється від необхідного. Вступаючи в контакт пари і рідина під час ректифікації не перебувають у рівновазі, але прагнуть досягти або наблизитися до

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

цього стану під час контакту фази. Це призводить до вирівнювання температури і тиску у фазах, а також перерозподілу компонентів між ними. Контакт пари і рідини, при якому система досягає стану рівноваги, відомого як ідеальний або теоретичний, а пристрій, що забезпечує такий контакт, називається теоретичною тарілкою.

## 1.2 Характеристика підготовленої нафти і вихідних продуктів

Характеристика сировини і одержуваних продуктів атмосферного блоку АВТ подана в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристика сировини і продуктів

Найменування сировини, готової продукції	Показники якості, обов'язкові для перевірки	Вимоги стандарту	Область застосування виготовленої продукції
Знесолена нафта з ЕЛЗУ	Вміст хлористих солей, мг/л, не більше	7	Сировина установки АВТ
	Вміст води, %, не більше	0,1	
Бензинова фракція	Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не більше	780	Сировина для установки вторинної перегонки бензину, а також як компонент товарних бензинів
	Фракційний склад:		
	- температура початку перегонки, °С, не нижче	30	
	- кінець кипіння °С, не вище	215	
	Тиск насичених парів, кПа не більше	79,9	
Випробування на мідну пластинку	витримує		





Продовження таблиці 1.1

Найменування сировини, готової продукції	Показники якості, обов'язкові для перевірки	Вимоги стандарту		Область застосування виготовлюваної продукції
	Масова частка води, %, не більше	1	1	
	Вміст водорозчинних кислот і лугів	Відс.	Відс.	
	Масова частка сірки, %, не більше	2,0	2,0	
	Температура спалаху у відкритому тиглі, °С, не нижче	90	110	
	Температура застигання, °С, не вище	25		
	Теплота згорання, кДж/кг, не менше	40740		

### 1.3 Аналіз технологічної схеми атмосферного блоку установки АВТ

Технологічна схема атмосферного блоку наведена на рисунку 1.1.

З електродегідраторів підготовлена нафта з температурою  $60 \div 90^\circ\text{C}$  насосом Н-10 подається двома потоками через окремі системи теплообмінників, після яких із температурою  $160 \div 230^\circ\text{C}$  поступає у випарник К-1.

Перша система теплообмінників:

- Т-5 - теплообмінники гасу;
- Т-6 - теплообмінники вакуумного газойля;
- Т-7 - Т-10 - теплообмінники середнього оливного /парафінового/ дистиляту;
- Т-11 - теплообмінники важкого оливного /парафінового/ дистиляту;

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- Т-12, Т-13 - теплообмінники гудрону.

Друга система теплообмінників:

- Т-14 - Т-16 - теплообмінники дизельного палива.

Зверху випарника К-1 при температурі  $110\div 160^{\circ}\text{C}$  відводиться суміш газів, парів бензину і водяної пари, котрі поступають на конденсацію і охолодження в конденсатори-холодильники повітряного охолодження Т-19, Т-18 і далі у водовідділювач Е-3, де проходить розділ фаз «вода-бензин» і «бензин-газ». Із водовідділювача Е-3 бензин поступає на прийом насосу Н-13, який подає частину бензину в якості гострого зрошення випарника К-1 (на першу тарілку). Схемою передбачено зрошення випарника К-1 нафтою від насоса Н-10. Подача проходить на другу, третю або четверту тарілки випарника.

Решта бензину від насоса Н-13 подається через лужну колону Е-7 і промивну колону Е-8 в резервуар Р-554.

Вода з водовідділювача Е-3 дренується в каналізацію.

Газ зверху водовідділювача Е-3 направляється в скруббер Е-4 під шар насадки, яка служить для вловлювання крапель бензину, захоплених газом.

Зверху скрубера Е-4 газ поступає на додаткову сепарацію в газовідбійник Е-9, далі через теплообмінник Т-31, де нагрівається відпрацьованою парою до температури  $40-90^{\circ}\text{C}$ , направляється на спалювання в трубчатих печах П-1, П-2, П-3. Зібраний внизу скрубера Е-4 бензин і рідка фаза знизу газовідбійника Е-9 періодично, по мірі наповнення, відкачується насосом Н-40 в бензиновий резервуар Р-554.

Знизу випарника К-1 відбензинена нафта з температурою  $180-230^{\circ}\text{C}$  забирається насосом Н-8 і подається в трубчаті печі П-1 і П-3, де нагрівається до температури  $320-360^{\circ}\text{C}$ .

Як паливний газ на установці додатково використовується технологічний газ з ємності Е-29 (на схемі не показано), попередньо очищений від рідкої фази. Крім паливного газу на форсунках спалюється рідке паливо (вакуумний газойль та крекінг-дистилят).

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Із печей П-1, П-3 нафта поступає в атмосферну колону К-2. Частина нафти знизу випарника К-1 забирається насосом Н-12 і подається через окремих змійовик печі П-1, де нагрівається до температури 230÷270°C та направляється знову у випарник К-1 (гаряча струмина).

Зверху атмосферної колони К-2 при температурі 150÷170°C відводиться суміш парів бензину і водяної пари, яка поступає на конденсацію і охолодження в конденсатори-холодильники повітряного охолодження Т-16, Т-17, далі у водовідділювач Е-5, де проходить розділ фаз.

Із водовідділювача Е-5 частина бензину насосами Н-17 подається в якості гострого зрошення колони К-2, а решта, через лужну колону Е-7 і промивну колону Е-8, направляється разом з бензином з Е-3 в резервуар Р-554. Вода з водовідділювача Е-5 дренується в каналізацію.

Залишок газу зверху водовідділювача Е-5 поступає в скруббер Е-4 під шар насадки, а далі зверху скрубера Е-4 надходить в газовідбійник Е-9.

Гасова фракція з колони К-2 із тарілок № 14, 16, 18 при температурі 195÷230°C поступає на відпарку легких фракцій в нижню секцію стріпінгу К-3а, а потім через теплообмінники Т-5- Т-13 на прийом насоса Н-20, який прокачує в двох напрямках:

- як циркуляційне зрошення на тарілку №31 колони К-2;
- через холодильник Т-20 і електророзділювачі ЕР-1, ЕР-2 в резервуар Р-556.

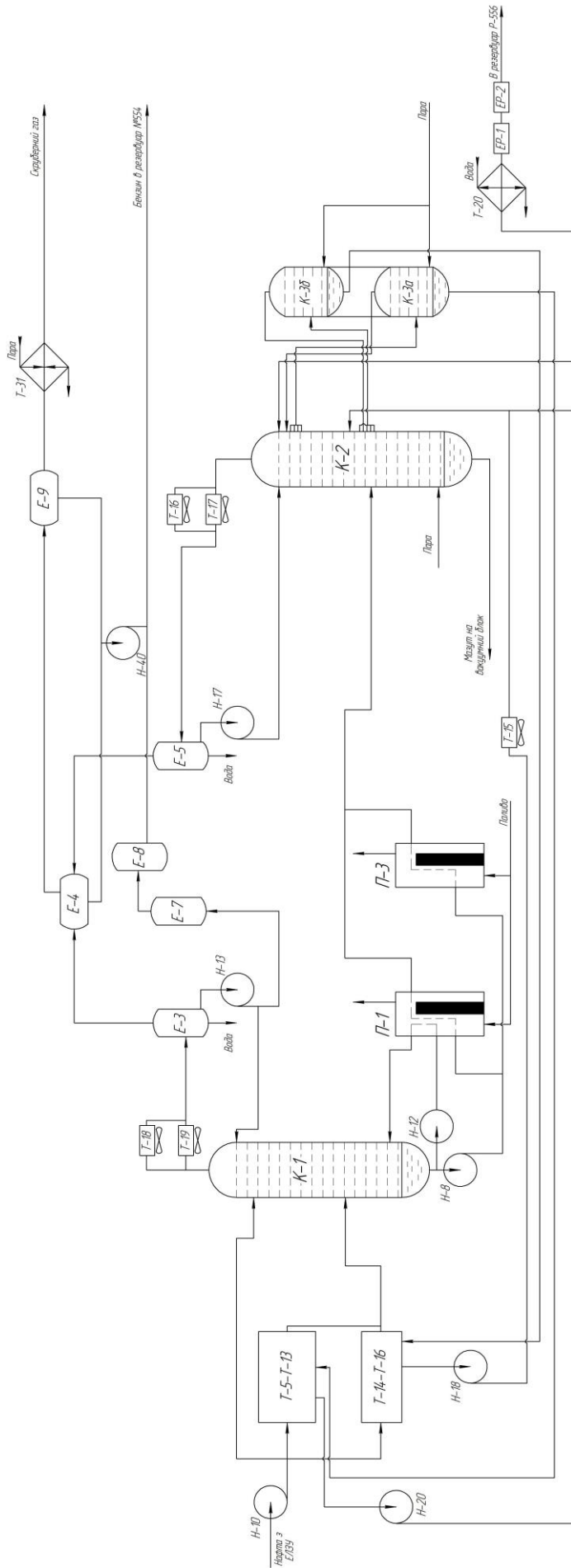
Для відпарки легких фракцій вниз гасової секції стріпінгу К-3а подається перегріта водяна пара. Пари зверху гасової секції стріпінгу К-3а відводяться під 31-шу тарілку колони К-2.

Дизпаливо відбирається з тарілок № 23, 28, 30 колони К-2 при температурі 240÷330°C і поступає для відпарки у верхню секцію стріпінгу К-3б.

Для відпарки легких фракцій вниз дизпаливної секції стріпінгу К-3б передбачено подачу перегрітої водяної пари.

Легкі пари зверху дизпаливного стріпінгу К-3б повертаються в колону К-2 під тарілку № 19.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Т-5 - Т-16 - теплообмінники; К-1 - евапаратор; К-2 - атмосферна колона; К-3а, К-3б - стріпінг-колони;  
 Е-3, Е-5 - водовідділювач; Е-4-скрублер; Е-7 - лужна колона; Е-8 - промивна колона; Е-9 - відбійник газовий;  
 Т-16 - Т-20 - апарати повітряного охолодження; П-1, П-3 - печі; ЕР-1, ЕР-2 - електророзділювачі;

Н-8, Н-10, Н-12, Н-13, Н-17, Н-18, Н-20, Н-40 - відцентрові насоси

Рисунок 1.1 - Принципова технологічна схема атмосферного блоку АВТ

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

Дизпаливо знизу дизпаливної секції стріпінгу К-36 поступає через теплообмінники Т-14 - Т-16 на прийом насосу Н-18 і далі через апарат повітряного охолодження Т-15 прокачується у двох напрямках:

- в якості II-го циркуляційного зрошення 26-ої тарілки колони К-2;
- через холодильники повітряного охолодження Т-20 і електророзділювачі ЕР-1, ЕР-2 в резервуар Р-556.

В електророзділювачах ЕР-1, ЕР-2 під дією електричного поля проходить осідання води з дизпалива при температурі не вище 62°C.

Очищене дизельне паливо відводиться зверху електророзділювача ЕР-2 і поступає в резервуар Р-556.

Мазут з атмосферної колони К-2 подається в піч П-2 вакуумного блоку установки АВТ.

#### 1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання

Характеристики задіяного технологічного обладнання представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Характеристика технологічного обладнання

Назва устаткування	Номер позиції на схемі	Технічна характеристика (паспортні дані)
Евапоратор	К-1	Циліндричний вертикальний апарат із листової сталі. Всередині обладнаний 17-ма тарілками клапанного типу. Діаметр: нижня частина - 3 м, верхня - 2 м, висота - 20,630 м. Розрахунковий тиск - 0,58 МПа. Максимально допустима робоча температура стінок - 380 °С. Об'єм - 114 м <sup>3</sup> . Маса – 70000 кг.
Атмосферна колона	К-2	Циліндричний вертикальний апарат із листової сталі. Всередині обладнаний 39-ма тарілками клапанного типу. Діаметр концентраційної і відпарної частин - 2,2 м, середня частина - 3 м, висота - 35,260 м. Розрахунковий тиск - 0,37МПа. Об'єм - 165 м <sup>3</sup> . Маса - 59700 кг.

Назва устаткування	Номер позиції на схемі	Технічна характеристика (паспортні дані)
Стрипінг-колона	К-3	Циліндричний вертикальний апарат із листової сталі. Всередині обладнаний: верхня частина - 8 тарілок, нижня частина - 6 тарілок жолобчатого типу. Діаметр - 1,4 м, висота - 17,750 м. Розрахунковий тиск - 0,37 МПа. Об'єм - 18,5 м <sup>3</sup> . Маса - 10400 кг.
Водовідділювач	Е-3	Циліндричний вертикальний апарат з листової сталі. Діаметр - 3 м. Висота - 11,6 м. Розрахунковий тиск - 0,27 МПа при температурі 60°C. Об'єм - 71 м <sup>3</sup> .
Скрубер	Е-4	Циліндричний вертикальний апарат з листової сталі. Діаметр - 2 м. Висота - 8,5 м. Розрахунковий тиск - 0,27 МПа при температурі 60°C. Об'єм - 23,3 м <sup>3</sup> .
Водовідділювач	Е-5	Циліндричний вертикальний апарат з листової сталі. Діаметр - 3 м. Висота - 11,6 м. Розрахунковий тиск - 0,26 МПа при температурі 60°C. Об'єм - 71 м <sup>3</sup> .
Лужна колона	Е-7	Циліндричний вертикальний апарат з листової сталі. Діаметр - 2 м. Висота - 6,552 м. Розрахунковий тиск - 0,143 МПа при температурі 100 °С. Об'єм - 19,5 м <sup>3</sup> . Маса - 6000 кг.
Промивна колона	Е-8	Циліндричний вертикальний апарат з листової сталі. Діаметр - 2 м. Висота - 6,220 мм. Розрахунковий тиск - 1,25 МПа при температурі 100°C. Об'єм - 17,4 м <sup>3</sup> . Маса - 5000 кг.

										Арк.
										20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ					



Назва устаткування	Номер позиції на схемі	Технічна характеристика (паспортні дані)
Теплообмінник	T-5 - T-11	Кожухотрубний теплообмінник з плаваючою головкою. Довжина - 7,57 м. Діаметр - 0,8 м. Поверхня теплообміну - $176 \times 2 = 352$ м <sup>2</sup> . Максимальний тиск - 0,16 МПа. Об'єм - 3,565 м <sup>3</sup> .
Теплообмінник гудрону	T-12, T-13	Кожухотрубний теплообмінник з U-подібними трубками. Поверхня теплообміну - 510 м <sup>2</sup> . Максимальний тиск - 1,6 МПа. Об'єм - $2 \times 2,6 = 5,2$ м <sup>3</sup> . Маса - 14835 кг.
Теплообмінник дизельного палива	T-14 - T-16	Кожухотрубний теплообмінник з плаваючою головкою. Довжина - 7,15 м. Діаметр - 0,8 мм. Поверхня теплообміну - 342 м <sup>2</sup> . Максимальний тиск - 1,6 МПа. Об'єм - 3,565 м <sup>3</sup> .
Насос відцентровий	H-10	Продуктивність - 500 м <sup>3</sup> /год. Напір - 70м.
Насос відцентровий	H-8	Продуктивність - 200 м <sup>3</sup> /год. Напір - 120 м.
Насос відцентровий	H-17, H-20	Продуктивність - 65 м <sup>3</sup> /год. Напір - 125 м.
Насос відкачки бензину з Е-4	H-40	Продуктивність - 12,5 м <sup>3</sup> /год. Напір - 50 м.
Насос відцентровий	H-13, H-18, H-12	Продуктивність - 120 м <sup>3</sup> /год. Напір - 210 м.

### 1.5 Вибір а також обґрунтування параметрів контролю й регулювання на атмосферному блоці установки АВТ

На атмосферному блоці установки АВТ основними агрегатами, що

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потребують контролю є ректифікаційні колони.

Розглянемо параметри контролю і регулювання ректифікаційної колони на прикладі атмосферної колони К-2. Колона К-2 є складною колоною і призначена для розділення суміші рідин котрі володіють різними температурами кипіння, на окремі компоненти.

Основними параметрами, які впливають на процес ректифікації є наступні:

- температура верху колони;
- температура низу колони;
- тиск в колоні;
- температура і витрата сировини;
- рівень залишку в колоні;
- температура на тарілках виводу бокових фракцій.

Температура верху колони впливає на якість і вихід дистиляту (важкий бензин). При зростанні температури разом із важким бензином випаровуються і фракції гасу. Якість дистиляту погіршується і його необхідно знову повертати в колону. При зниженні температури не відбувається повне випаровування важкого бензину, що призводить до зниження продуктивності дистиляційної колони у відношенні до отриманого дистиляту. Температура верха колони залежить від природи низькокиплячого компоненту і складає 150-170 °С. Температура верху колони регулюється за допомогою кількості гострого зрошення, яке подається на першу тарілку колони.

Температура низу колони впливає на якість і вихід залишку (мазуту). При підвищенні температури низу колони частково випаровується і висококиплячий компонент, тому продуктивність колони за мазутом зменшується. Зниження температури низу колони призводить до неповного випаровування із залишку дизельного палива та погіршення його якості.

Температура низу колони залежить від природи залишку і знаходиться в межах 350-370 °С. Вона регулюється кількістю водяної пари, яка подається в низ колони.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тиск в колоні впливає на випаровування компонентів. Зниження тиску прискорює випаровування, а збільшення тиску погіршує випаровування компонентів. При зростанні тиску в колоні при незмінній температурі неповністю з рідини випаровується важкий бензин і продуктивність колони за дистилятом зменшується: при цьому якість мазуту погіршується. При зменшенні тиску в колоні разом із низькокиплячим компонентом з рідини випаровується і висококиплячий компонент, в результаті чого якість дистиляту погіршується, а вихід залишку зменшується. Тиск в колоні знаходиться в межах від 0,12 до 0,15 МПа. Тиск в колоні регулюється за допомогою автоматичного клапану, котрий встановлюється на лінії виводу вуглеводневого газу.

Температура і витрата сировини (знесоленої і зневодненої на ЕЛЗУ нафти) впливають на температурний режим в колоні а також відповідно на вихід та якість продуктів. Підвищення температури сировини призводить до зростання температури в колоні, одержання неякісних дистилятів і зменшення виходу мазуту. І навпаки, зменшення температури сировини призводить до неповного відбору дистилятів і одержання неякісного залишку. Регулюється температура входу сировини в колону кількістю палива, яке подається в трубчасту піч П-1, П-3.

Зменшення витрати відбензиненої нафти призводить до збільшення температури в колоні і відповідно одержання неякісних дистилятів та зменшення виходу мазуту. Витрата сировини регулюється автоматично клапаном, який встановлюється на лінії подачі нафти в колону.

Рівень залишку в колоні є гідрозатвором і не дає можливості паровій фазі попадати в трубопровід. Якщо рівень залишку в колоні не регулювати або не контролювати, то пари можуть потрапити у відцентровий насос, який перестане перекачувати рідину і буде працювати сам на себе. А так як сировина безперервно подається в колону, то її рівень буде зростати. Рідина (мазут) може повністю залити колону і процес ректифікації припиниться. Рівень залишку в колоні вибирають таким, щоб забезпечити стабільну роботу насоса, після виникнення аварійної ситуації, на протязі десяти хвилин. В залежності від продуктивності

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колони висота залишку складає 0,4...0,8 м. Температура виміряна на тарілках виводу бокових фракцій безпосередньо впливає на вихід і якість бокових фракцій (гасова і дизельна фракції) і на витрату водяної пари у відпарних колонах К-3а і К-3б. При збільшенні температури на тарілках виводу бокових фракцій в рідині, що знаходиться на тарілках, зменшується кількість легких фракцій і для їх відпарювання в додатковій колоні необхідно менше водяних парів. Температура на тарілках виводу бокових фракцій регулюється кількістю циркуляційного зрошення. При підвищенні температури на тарілках потрібно збільшити подачу циркуляційного зрошення, а при зниженні температури - зменшити подачу циркуляційного зрошення.

В колоні обов'язково контролюється якість одержуваних продуктів.

Таблиця 1.3 - Значення параметрів контролю а також регулювання

Назва контролюваного параметра	Позиція на ФСА	Межі коливання	Одиниці виміру
Температура верху колони К-1	1-2а	110-160	°С
Температура верху колони К-2	1-7а	150-170	°С
Температура нафти з печі П-1 в колону К-2	1-5а	350-360	°С
Температура нафти з печі П-3 в колону К-2	1-6а	350-370	°С
Тиск у випарнику К-1	2-1а	0,06-0,07	МПа
Тиск в атмосферній колоні К-2	2-3а	0,06-0,07	МПа

## Продовження таблиці 1.3

Назва контролюваного параметра	Позиція на ФСА	Межі коливання	Одиниці виміру
Тиск на викиді насоса Н-8	2-2а	0,14-0,15	МПа
Тиск на викиді насоса Н-40	2-5а	0,14-0,15	МПа
Тиск газу з Е-4	2-4а	0,06-0,07	МПа
Витрата нафти до печі П-1	3-5а	45-48	м <sup>3</sup> /год
Витрата нафти до печі П-3	3-6а	43-45	м <sup>3</sup> /год
Рівень мазута у колоні К-2	4-2а	0,4-0,8	м
Рівень нафти у випарнику К-1	4-1а	0,4-0,9	м
Рівень гасу в стріпінгу К-3а	4-11а	0,2-0,3	м
Рівень дизпалива в стріпінгу К-3б	4-10а	0,2-0,3	м
Рівень бензину в газовідбійнику Е-9	4-9а	0,1-0,2	м
Рівень розділу фаз вода - бензин у водовідділювачі Е-5	4-6а	0,5-0,6	м
Рівень бензину в водовідділювачі Е-5	4-7а	1-1,5	м

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Назва контролюваного параметра	Позиція на ФСА	Межі коливання	Одиниці виміру
Рівень розділу фаз вода - бензин у водовідділювачі Е-3	4-3а	1,2-1,6	м
Рівень бензину в газосепараторі Е-4	4-5а	0,1-0,2	м
Рівень дизпалива в електророзділювачі, ЕР-1	4-12а	0,1-0,2	м
Рівень дизпалива в електророзділювачі, ЕР-2	4-13	0,1-0,2	м

### 1.6 Вибір напрямку дослідження

В роботі розглядається установка первинної переробки нафти АТ-2. Особливо детально в проекті розглядається автоматизація трубчатої печі. Піч один із технологічних апаратів, оскільки вона служить для забезпечення якісної роботи основних параметрів - колон і показників технологічного рівня, що аргументують доцільність системи автоматизації.

Для автоматизації установки використовуємо мікропроцесорний контролер Siemens simatic s7-300, який забезпечує вирішення усіх необхідних задач керування.

Для печі застосовуємо каскадну АСР температури продукту на виході печі з коректуванням по температурі. Дана система забезпечує меншу інертність системи. Тут два регулятори основний і допоміжний, які впливають на виконавчий механізм, що встановлений на лінії подачі палива.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запропоновано використовувати сучасні засоби автоматизації як джерела інформації, щоб вони не могли забезпечити з'єднання з контролером за допомогою уніфікованого вихідного сигналу, який синхронізований з виходами контролера. Таким чином можна отримати подачу температури, чий сигнал подається в блок, а також газоаналізатори. Щоб передати регулюючу дію на виконавчий механізм, електропневматичний перетворювач перетворює уніфікований струмовий сигнал з контролера в уніфікований пневматичний сигнал.

### **Висновки до розділу**

В даному розділі ми провели аналіз технологічного процесу атмосферної перегонки нафти як об'єкта автоматизації.

Визначили призначення атмосферного блоку установки АВТ і з'ясували суть процесу ректифікації, ознайомилися з показниками якості сировини і готової продукції. Провели аналіз технологічної схеми і навели технічну характеристику технологічного обладнання. Описали вплив параметрів контролю і регулювання в колоні К-2.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

### 2.1 Обґрунтування вибору об'єкта автоматизації

Досліджуватимемо в якості об'єкта регулювання вертикальну циліндричну піч П-3. Згідно з технологією виробництва сировина поточної установки надходить в піч, де відповідно нагрівається до потрібної температури. Температура у печі напряму залежить від поточної витрати палива, котре подається в піч для згорання.

Після виходу з печі сировина надходить в колону К-2. Для коректної роботи потрібно підтримувати температуру вхідної сировини, котра поступає у піч у точно визначених межах. Саме тому можна прийти до висновку, що найбільш відповідальним моментом являється підігрів сировини.

Отож саме тому для удосконалення та дослідження системи автоматичного керування вибираємо піч у якості об'єкта автоматизації.

У вертикальній циліндричній печі П-3, підігрівається відбензинена нафта з температурою 180-230°C (температура в межах від 320 °C до 360 °C) і поступає в колону К-2.

Отже на основі проведеного аналізу технологічної печі як об'єкта керування створено структурну схему печі П-3, котра зображена на рисунку 2.1.

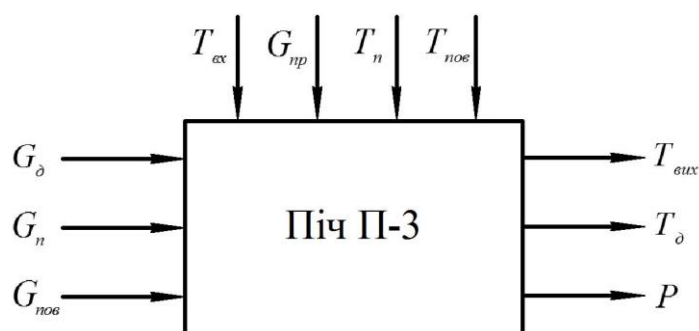


Рисунок 2.1 - Структурна схема трубчатої циліндричної печі

Основними забруднюючими факторами прийнято температуру входу продукту -  $T_{вх}$ , температуру палива -  $T_n$ , витрату продукту -  $G_{пр}$ , температуру повітря -  $T_{нов}$ .

Основними регулюючими діями являється витрата і склад паливної суміші.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До вихідних координат об'єкта керування відноситься температура технологічного потоку -  $T_{вих}$ , концентрація кисню у димових газах -  $P$ , а також температура димових газів -  $T_{\delta}$ . За даним параметром  $P$  здійснюють оцінку інтенсивності процесу горіння.

## 2.2 Вибір якісних показників

Метою процесу регулювання температури на виході із печі П-3 являється підтримання температури продукту на певному встановленому рівні.

Встановлену температуру потрібно якісно підтримувати із використанням мінімальної витрати палива. В печі тепло отримують за рахунок спалювання необхідної кількості палива, саме через це керуючим впливом являтиметься подача паливно-повітряної суміші.

З метою забезпечення оптимального процесу регулювання виберемо наступні показники якості процесу регулювання:

- похибка апроксимації -  $S \leq 2,5\%$  ;
- перерегулювання -  $\delta \leq (30 \div 40)\%$  ;
- відхилення керованої величини від встановленого значення -  $\delta_n \leq 5\%$  ;
- степінь затухання коливань -  $\varphi = (0,75 \div 0,95)$ .

## 2.3 Експериментальне моделювання роботи циліндричної печі

Трубчаста циліндрична піч є одним із апаратів технологічного процесу на установці АТ-2. Ця піч великою мірою впливає на режими роботи всіх подальших ланок. Кількість і якість отриманих продуктів у великій мірі залежить від поточного теплового режиму трубчастої печі, що відповідно робить цінність та актуальність розглянутої у цьому проекті проблеми.

Це пояснюється такими причинами:

- неповною вивченістю теплотехнічних особливостей наявних теплових об'єктів керування;
- відсутність алгоритмів керування і математичних моделей;

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відсутність потрібних ТЗА та практичних інженерних методів розрахунку, котрі дозволяють синтезувати ефективні, швидкодіючі а відповідно високоякісні системи автоматичного керування.

На даний момент температура продукту на виході із трубчастої печі являється єдиним критерієм для оцінки стану технологічного процесу. Дана температура постійно підтримується у встановлених межах. На даний час в автоматичних системах зазвичай розв'язується тільки задача стабілізації вихідної температури продукту, що здійснюється шляхом зміни витрати палива, яке подається до форсунок печі. Абсолютно не враховується, що керуючий параметр піддається збурюючим впливам різного роду, котрі зі значним запізненням викликають відхилення значення температури на виході із печі від певного заданого значення.

Отже з врахуванням усього вище вказаного, динамічні характеристики керованого об'єкту визначатимемо експериментальним методом.

### **2.3.1 Підготовка і проведення експерименту, виявлення вхідних і вихідних змінних**

За допомогою активного експерименту визначатимемо динамічні характеристики об'єкту керування (перехідну характеристику).

Дослідження вважається закінченим, в той час коли вихідна змінна, починаючи з деякого моменту часу, залишається майже не змінною. В нашому конкретному випадку продукт нагрівається до температури приблизно 360 °С (табл. 2.1).

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.1 – Зведені результати експериментальних досліджень за каналом регулювання “витрата газу - температура на виході печі”

t, c	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
T, °C	320	322	324	326	331	336	340.8	345	349	351
C, %	10									
t, c	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	
T, °C	353	355	356	357	358	360	360	360	360	
C, %	10									

Відповідно до даних наведених у таблиці 2.1 побудовано експериментальну перехідну характеристику на рисунку 2.2 за каналом регулювання «витрата газу → температура на виході печі».

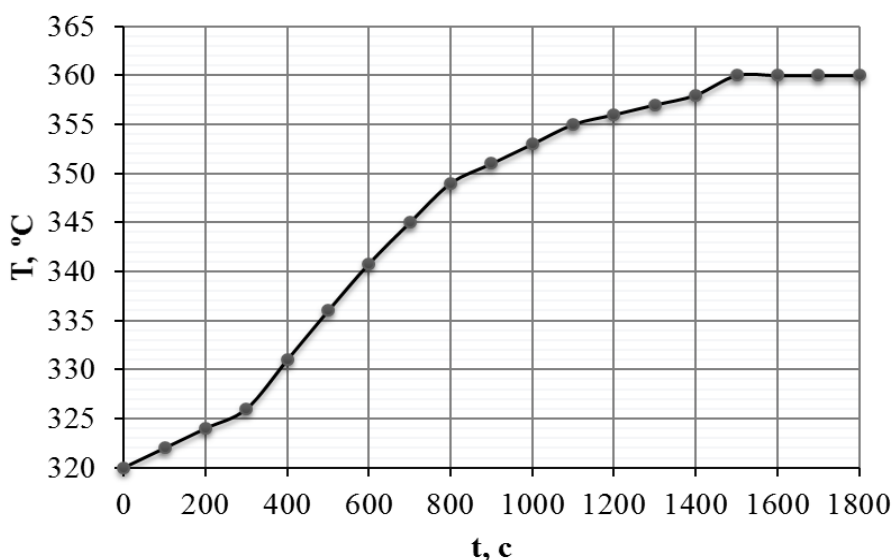


Рисунок 2.2 - Експериментальна перехідна характеристика за каналом регулювання “витрата газу → температура на виході печі”

### 2.3.2 Обробка результатів експерименту

Перехідну характеристику, отриману в результаті проведення активного експерименту (таблиця 2.1), потрібно привести до безрозмірних величин за допомогою наступних формул у символічному вигляді:

$$X_{exi} = \frac{X_{exi} - X_{exo}}{X_{ex\ max} - X_{exo}}, \quad (2.1)$$

$$Y_{вихі} = \frac{Y_{вихі} - Y_{вихо}}{Y_{вих\max} - Y_{вихо}}, \quad (2.2)$$

де  $X_{ехі}$ ,  $Y_{вихі}$  - біжуче значення вхідної а також вихідної величини у розмірних одиницях;

$X_{ехо}$ ,  $Y_{вихо}$  - значення вхідних а також вихідних величин у розмірних одиницях до настання моменту нанесення збурення на керований об'єкт;

$X_{ех\max}$ ,  $Y_{вих\max}$  - максимальне значення вхідної а також вихідної величини у розмірних одиницях після настання закінчення перехідного процесу.

$$Y_{вихо} = \frac{320 - 320}{360 - 320} = 0;$$

$$Y_{вих9} = \frac{351 - 320}{360 - 320} = 0,775;$$

$$Y_{вих1} = \frac{322 - 320}{360 - 320} = 0,03;$$

$$Y_{вих10} = \frac{353 - 320}{360 - 320} = 0,825;$$

$$Y_{вих2} = \frac{324 - 320}{360 - 320} = 0,1;$$

$$Y_{вих11} = \frac{355 - 320}{360 - 320} = 0,875;$$

$$Y_{вих3} = \frac{326 - 320}{360 - 320} = 0,17;$$

$$Y_{вих12} = \frac{356 - 320}{360 - 320} = 0,9;$$

$$Y_{вих4} = \frac{331 - 320}{360 - 320} = 0,275;$$

$$Y_{вих13} = \frac{357 - 320}{360 - 320} = 0,925;$$

$$Y_{вих5} = \frac{336 - 320}{360 - 320} = 0,4;$$

$$Y_{вих14} = \frac{358 - 320}{360 - 320} = 0,95;$$

$$Y_{вих6} = \frac{340,8 - 320}{360 - 320} = 0,52;$$

$$Y_{вих15} = \frac{360 - 320}{360 - 320} = 1,0;$$

$$Y_{вих7} = \frac{345 - 320}{360 - 320} = 0,625;$$

$$Y_{вих16} = \frac{360 - 320}{360 - 320} = 1,0;$$

$$Y_{вих8} = \frac{349 - 320}{360 - 320} = 0,725;$$

$$Y_{вих17} = Y_{вих18} = \frac{360 - 320}{360 - 320} = 1,0.$$

Одержані дані в результаті перетворень зведемо у таблицю 2.2.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Експериментально отримані дані переведені у безрозмірні одиниці за каналом «витрата газу → температура на виході печі»

t, c	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
$Y_{вих}$	0	0,03	0,1	0,17	0,275	0,4	0,52	0,625	0,725	0,775
$X_{вх}$	1									
t, c	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	
$Y_{вих}$	0,825	0,875	0,9	0,925	0,95	1				
$X_{вх}$	1									

Відповідно до даних таблиці 2.2 проведемо побудову експериментальної перехідної характеристики в безрозмірних одиницях по відповідному каналу регулювання, а саме “витрата газу - температура на виході печі” (рисунок 2.3).

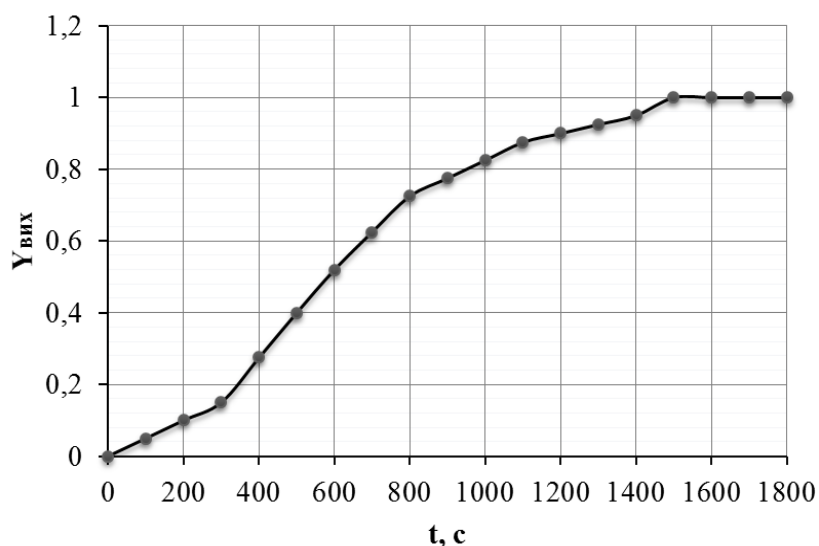


Рисунок 2.3 - Перехідна характеристика в безрозмірних одиницях за каналом регулювання «витрата газу → температура на виході печі»

Апроксимацію даної перехідної характеристики в безрозмірних одиницях виконаємо за допомогою програмного продукту Аргох. З результатів, які наведені в додатку А1 бачимо, що передавальна функція за каналом регулювання - “витрата газу - температура на виході печі” матиме наступний вигляд:

$$W_0(p) = \frac{1,0}{6774934,7030p^3 + 140165,444p^2 + 644,3330p + 1}$$

Для проведеної апроксимації максимальна похибка становить  $\delta = 2,2\%$  в

точці  $T=200$  с.

Результати експериментального дослідження за каналом регулювання “витрата газу - температура перевалу печі” наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Експериментально отримані дані за каналом регулювання «витрата газу → температура перевалу печі»

t, с	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
T, °C	500	510	518	532	560	572	600	618	632	650	664
C, %	10										
t, с	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
T, °C	670	680	686	690	696	698	700	700	700	700	
C, %	10										

Відповідно до даних наведених у таблиці 2.3 побудуємо перехідну експериментальну характеристику за досліджуваним каналом регулювання “витрата газу - температура перевалу печі” (рисунок 2.4).

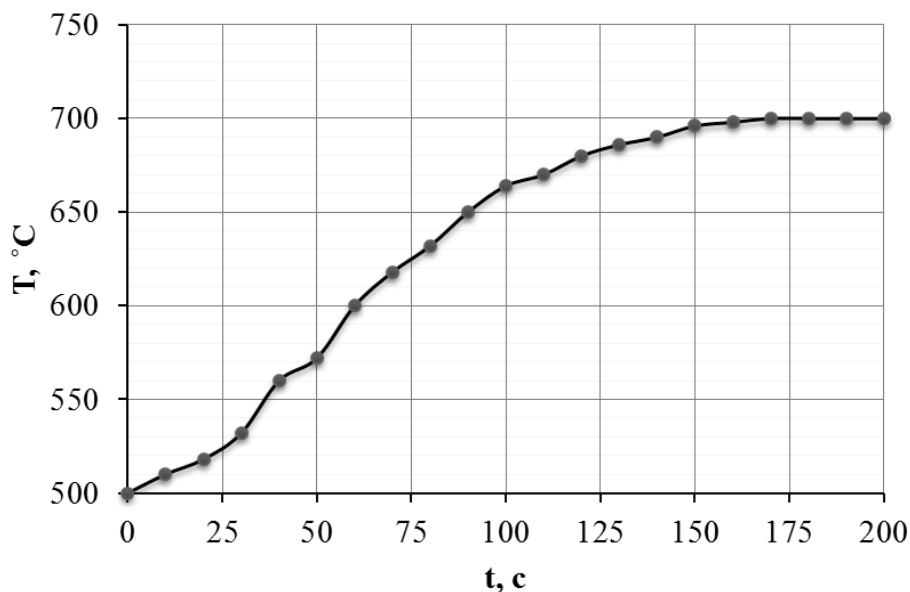


Рисунок 2.4 - Експериментальна перехідна характеристика за каналом регулювання “витрата газу → температура перевалу печі”

Отриману в результаті активного експерименту перехідну характеристику приведемо до безрозмірних величин за допомогою формул (2.1) і (2.2), а одержані дані зведемо в таблицю 2.4.

$$Y_{\text{вих}0} = \frac{500,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,0; \quad Y_{\text{вих}11} = \frac{670,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,850;$$

$$Y_{\text{вих}1} = \frac{510,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,030; \quad Y_{\text{вих}12} = \frac{680,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,90;$$

$$Y_{\text{вих}2} = \frac{518,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,090; \quad Y_{\text{вих}13} = \frac{686,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,930;$$

$$Y_{\text{вих}3} = \frac{532,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,160; \quad Y_{\text{вих}14} = \frac{690,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,950;$$

$$Y_{\text{вих}4} = \frac{560,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 0,30; \quad Y_{\text{вих}15} = \frac{696,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 0,980;$$

$$Y_{\text{вих}5} = \frac{572,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 0,380; \quad Y_{\text{вих}16} = \frac{698,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 0,990;$$

$$Y_{\text{вих}6} = \frac{600,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 0,50; \quad Y_{\text{вих}17} = \frac{700,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 1,00;$$

$$Y_{\text{вих}7} = \frac{618,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 0,590; \quad Y_{\text{вих}18} = \frac{700,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 1,00;$$

$$Y_{\text{вих}8} = \frac{632,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 0,670; \quad Y_{\text{вих}19} = \frac{700,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 1,0;$$

$$Y_{\text{вих}9} = \frac{650,00 - 500,0}{700,0 - 500,00} = 0,750; \quad Y_{\text{вих}20} = \frac{700,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 1,0;$$

$$Y_{\text{вих}10} = \frac{664,0 - 500,00}{700,00 - 500,0} = 0,820; \quad X_{\text{ex}}^{\times} = 1,0.$$

Таблиця 2.4 - Результати проведення експерименту у безрозмірних одиницях за каналом регулювання “витрата газу - температура перевалу печі”

t, c	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$Y_{\text{вих}}$	0	0,030	0,09	0,160	0,3	0,380	0,5	0,590	0,67	0,750	0,82
$X_{\text{ex}}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t, c	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
$Y_{\text{вих}}$	0,85	0,90	0,93	0,950	0,98	0,990	1	1,0	1	1,0	
$X_{\text{ex}}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Відповідно до даних наведених у таблиці 2.4 проведемо побудову експериментально отриманої перехідної характеристики за каналом регулювання «витрата газу → температура перевалу печі» у безрозмірних одиницях (рисунок 2.5).

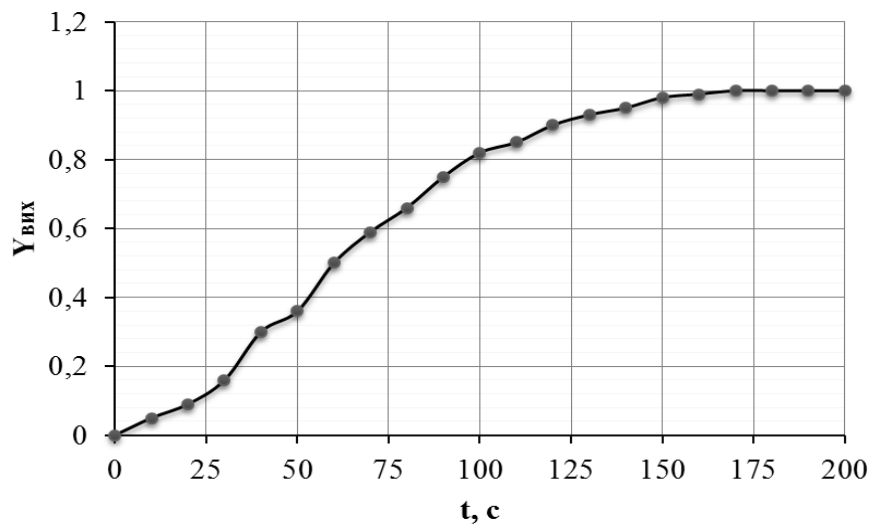


Рисунок 2.5 - Експериментальна перехідна характеристика в безрозмірних одиницях за каналом регулювання “витрата газу - температура перевалу печі”

Дану перехідну характеристику апроксимуємо також за допомогою програмного продукту Argox. З результатів дослідження наведеного в додатку А2 передавальна функція за каналом регулювання «витрата газу → температура перевалу печі» матиме наступний вигляд:

$$W_1(p) = \frac{1}{7575,432p^3 + 1507,271p^2 + 66,266p + 1} \quad (2.4)$$

Для проведеної апроксимації максимальна похибка становить  $\delta = 2,1 \%$  у точці  $T = 40$  сек.

### Висновки до розділу

У розділі було обрано та обґрунтовано об'єкт керування, визначена його структурна схема з точки зору автоматизації. Деякі дані експериментальних досліджень, здобуті внаслідок активного експерименту, були апроксимовані. За цими даними було визначено функцію передачі об'єкта через допоміжний та основний канали.

З отриманих математичних розрахунків можна встановити, що похибка апроксимації не перевищує 2.5%, що відповідає заданим умовам.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів в одноконтурній АСР

Для основного каналу регулювання застосовуватимемо регулятор, який має ПІД-законом регулювання, а його передавальна функція має наступний вигляді:

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

Для розроблення такої системи визначимо параметри ПІД-регулятора:  $C_2$ ,  $C_1$ ,  $C_0$ . Визначення параметрів ПІД-регулятора проводимемо за допомогою функції Tune програмного продукту MATLAB. Згідно з додатком Б1 отримаємо наступні значення:  $K_p = C_1 = 4.681$ ,  $K_i = C_0 = 0.00165$ ,  $K_d = C_2 = 150.85$ .

Отож:

$$W_p(p) = \frac{150.85 p^2 + 4.681 p + 0.00165}{p}.$$

Функція передачі розімкнутої системи має такий вигляд:

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

$$\begin{aligned} W_{роз}(p) &= \frac{1}{6774934,703 p^3 + 140165,444 p^2 + 644,333 p + 1} \cdot \frac{150.85 p^2 + 4.681 p + 0.00165}{p} = \\ &= \frac{150.85 p^2 + 4.681 p + 0.00165}{6774934,703 p^4 + 140165,444 p^3 + 644,333 p^2 + p}. \end{aligned}$$

Функція передачі замкнутої системи, структурна схема котрої наведена на рисунку 3.1 має наступний вигляд:

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

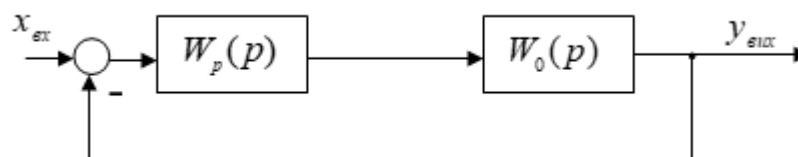


Рисунок 3.1 - Алгоритмічна структурна схема одноконтурної АСР

З урахуванням вищенаведених тверджень замкнута системв матиме такий

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк. 38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИГЛЯД:

$$W_{зам}(p) = \frac{150.85p^2 + 4.681p + 0.00165}{6774934,703p^4 + 140165,444p^3 + 795,183p^2 + 5,681p + 0,00165}. \quad (3.4)$$

### 3.2 Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів в каскадній АСР

З метою реалізації каскадної АСР потрібно до основного контуру регулювання додати допоміжний малоінертний контур автоматичного регулювання. У нашому випадку таким контуром є контур регулювання по витраті сухих абгазів.

Алгоритмічна схема автоматизації каскадної АСР наведена на рисунку 3.2.

Використовуючи дані отримані в розділі 2 бачимо, що передавальна функція основного каналу регулювання має такий вигляд:

$$W_0(p) = \frac{1}{6774934,703p^3 + 140165,444p^2 + 644,333p + 1}, \quad (3.5)$$

а передавальна функція по допоміжному каналу такий:

$$W_1(p) = \frac{1}{7575,432p^3 + 1507,271p^2 + 66,266p + 1}. \quad (3.6)$$

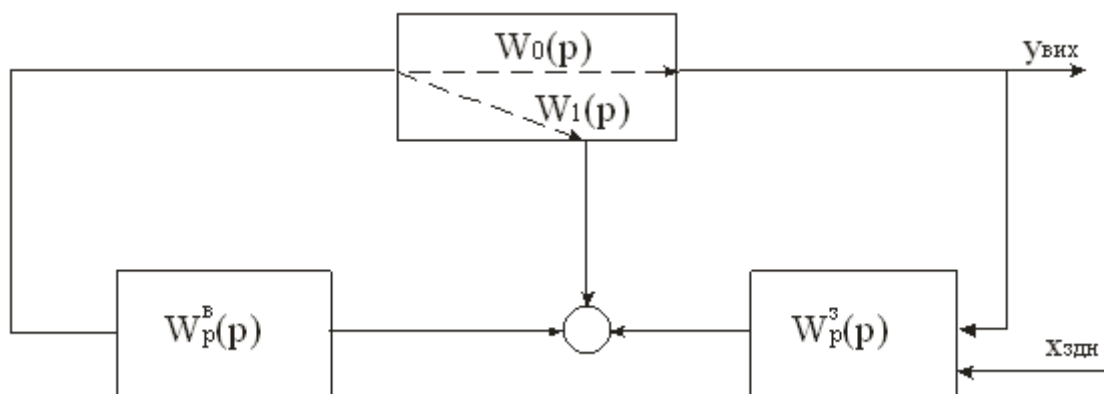


Рисунок 3.2 - Структурна схема каскадної АСР

Розрахунок параметри налаштування регуляторів для каскадної АСР розпочнемо з основного регулятора то, що інерційність допоміжного каналу суттєво менша ніж основного каналу регулювання. Еквівалентна схема АСР для каскадної системи регулювання наведена на рисунку 3.3.

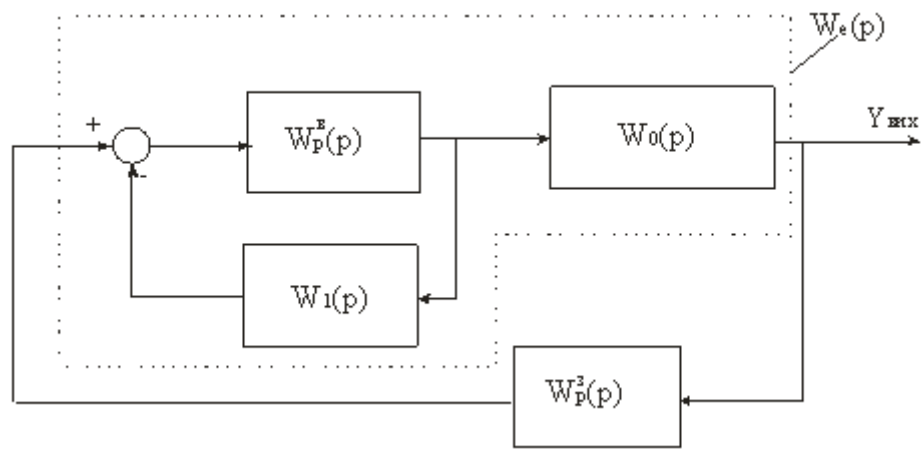


Рисунок 3.3 - Структурна еквівалентної схеми каскадної АСР

Функція передачі для об'єкта структурна схема якого наведена на рисунку 3.3 має вигляд:

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

Зробимо припущення, що робоча частота основного контуру  $W_p'$  регулювання суттєво менша, ніж допоміжного  $W_p''$ . Отож при  $W = W_p'$  справедливою являтиметься нерівність:

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

З урахуванням (3.8) можна припустити, що  $W_e' = \frac{W_0(p)}{W_1(p)}$ . Використовуючи значення  $W_0(p)$  та  $W_1(p)$ , одержимо:

$$W_e'(p) = \frac{1}{\frac{6774934,703p^3 + 140165,444p^2 + 644,333p + 1}{7575,432p^3 + 1507,271p^2 + 66,266p + 1}} = \frac{7575,432p^3 + 1507,271p^2 + 66,266p + 1}{6774934,703p^3 + 140165,444p^2 + 644,333p + 1}. \quad (3.9)$$

Визначення параметрів налаштування ПІД-регулятора здійснимо за допомогою функції Tune програмного продукту Matlab.

В якості регулятора вибираємо ПІД-регулятор.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Згідно з додатком Б2 отримаємо  $K_p = C_1 = 8.4252$ ,  $K_i = C_0 = 0.00146$ ,  
 $K_d = C_2 = 137.3362$ .

Отже передавальна функція основного регулятора матиме такий вигляд:

$$W_p^3(p) = \frac{137.3362p^2 + 8.4252p + 0.00146}{p}. \quad (3.10)$$

Передавальна функція внутрішнього (допоміжного) регулятора у загальній формі має такий вигляд:

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

Підставивши в формулу 3.11 значення передавальних функцій  $W_1(p)$ ,  $W_0(p)$  та  $W_p^3(p)$  отримаємо:

$$\begin{aligned} W_e''(p) &= \frac{1}{7575,432p^3 + 1507,271p^2 + 66,266p + 1} + \\ &+ \frac{137.3362p^2 + 8.4252p + 0.00146}{6774934,703p^4 + 140165,444p^3 + 644,333p^2 + p} = \\ &= \frac{1.04 \cdot 10^6 p^5 + 7.046 \cdot 10^6 p^4 + 161976.28p^3 + 1342.17p^2 + 9.52p + 0.00146}{5.13 \cdot 10^{10} p^7 + 1.127 \cdot 10^{10} p^6 + 6.65 \cdot 10^8 p^5 + 1.7 \cdot 10^7 p^4 + 184370.08p^3 + 710.6p^2 + p} \end{aligned}$$

Провівши певні перетворення отримаємо:

$$W_e''(p) = \frac{1.04 \cdot 10^6 p^5 + 7.046 \cdot 10^6 p^4 + 161976.28p^3 + 1342.17p^2 + 9.52p + 0.00146}{5.13 \cdot 10^{10} p^7 + 1.127 \cdot 10^{10} p^6 + 6.65 \cdot 10^8 p^5 + 1.7 \cdot 10^7 p^4 + 184370.08p^3 + 710.6p^2 + p}.$$

Розрахунок оптимальних параметрів налаштування ПІД-регулятора виконаємо за допомогою функції Tune в програмному продукті налаштування контролера (Matlab). Як видно з роздруківки результатів програми (додаток Б3) оптимальні параметри налаштування регулятора наступні:

$$K_p = C_1 = 9.5678, K_i = C_0 = 0.011877, K_d = C_2 = 211.2567.$$

Отож ми отримали наступну функцію передачі допоміжного регулятора:

$$W_p^6(p) = \frac{211.2567p^2 + 9.5678p + 0.011877}{p}. \quad (3.12)$$

Знайдемо еквівалентну передавальну функцію каскадної АСР.

Структурна схема каскадної АСР приведеної на рисунку 3.3 матиме

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наступну еквівалентну передавальну функцію:

$$W_e(p) = \frac{W_p^3(p) \cdot W_0(p) \cdot W_p^6(p)}{W_p^3(p) \cdot W_0(p) \cdot W_p^6(p) + W_1(p) \cdot W_p^6(p) + 1}. \quad (3.13)$$

Підставивши попередньо визначені передавальні функції  $W_p^3$ ,  $W_0$ ,  $W_1$ ,  $W_p^6$  та після виконання усіх алгебраїчних перетворень та зведень отримаємо:

$$W_e(p) = \frac{1.96 \cdot 10^{11} p^7 + 2.5 \cdot 10^{10} p^6 + 1.01 \cdot 10^9 p^5 + 1.44 \cdot 10^7 p^4 + 72384.96 p^3 + 158.46 p^2 + 0.125 p + 0.000017}{4.59 \cdot 10^{13} p^8 + 2.1 \cdot 10^{12} p^7 + 5.34 \cdot 10^{10} p^6 + 2.64 \cdot 10^9 p^5 + 1.09 \cdot 10^8 p^4 + 1.63 \cdot 10^6 p^3 + 8200.31 p^2 + 17.346 p + 0.012} \quad (3.14)$$

### 3.3 Дослідження на стійкість одноконтурної АСР

На стійкість одноконтурну АСР досліджуємо за допомогою використання критерію Михайлова.

Для використання критерію Михайлова візьмемо передавальну функцію замкнутого контуру (3.4):

$$W_{зам}(p) = \frac{150.85 p^2 + 4.681 p + 0.00165}{6774934,703 p^4 + 140165,444 p^3 + 795,183 p^2 + 5,681 p + 0,00165}.$$

та прирівнюємо знаменник до нуля:

$$6774934,703 p^4 + 140165,444 p^3 + 795,183 p^2 + 5,681 p + 0,00165 = 0.$$

Виконаємо підстановку  $p = j\omega$ :

$$6774934,703 \omega^4 - 140165,444 j \omega^3 - 795,183 \omega^2 + 5,681 j \omega + 0,00165 = 0.$$

З отриманого виразу виділимо дійсну і уявну частини:

$$P(\omega) = 6774934,703 \omega^4 - 795,183 \omega^2 + 0,00165;$$

$$Q(\omega) = -140165,444 \omega^3 + 5,681 \omega.$$

Використовуючи отриманий вираз та програмний продукт Mathcad виконаємо побудову годографа Михайлова (Додаток В1). З рисунку можна побачити, що згідно з критерієм Михайлова одноконтурна АСР являється стійкою, оскільки годограф Михайлова послідовно проходить чотири квадранта.

### 3.4 Дослідження на стійкість каскадної АСР

Стійкість каскадної АСР дослідимо за допомогою критерію Гурвіца.

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ					

Даний критерій являється алгебраїчним критерієм, котрий базується на аналізі характеристичного рівняння АСР. Даний критерій формулюється так: система автоматичного керування, яка описується характеристичним рівнянням, такого виду:

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

стійка, коли головний визначник та усі наявні його діагональні мінори додатні, а саме:

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

Проаналізувавши функцію передачі можемо виділити наступне характеристичне рівняння:

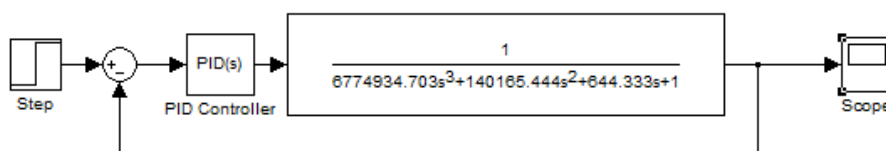
$$4.59 \cdot 10^{13} p^8 + 2.1 \cdot 10^{12} p^7 + 5.34 \cdot 10^{10} p^6 + 2.64 \cdot 10^9 p^5 + 1.09 \cdot 10^8 p^4 + 1.63 \cdot 10^6 p^3 + 8200.31 p^2 + 17.346 p + 0.012 = 0.$$

За допомогою програмного продукту Mathcad (додаток В2), визначимо чи стійка система.

Система являється стійкою оскільки головний визначник та усі наявні діагональні мінори додатні.

### 3.5 Оцінка якості керування за перехідними характеристиками

Якість системи оцінимо по графіку перехідного процесу, який отримаємо за допомогою використання програмного пакету Matlab. Саме за допомогою даного програмного пакету побудуємо графіки перехідних процесів як для одноконтурної так і для каскадної системи автоматичного регулювання (рис. 3.4, 3.5).



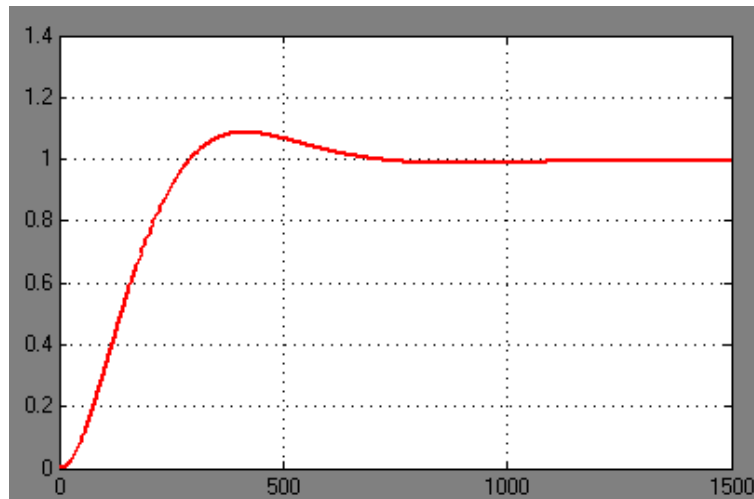


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика одноконтурної системи автоматичного регулювання

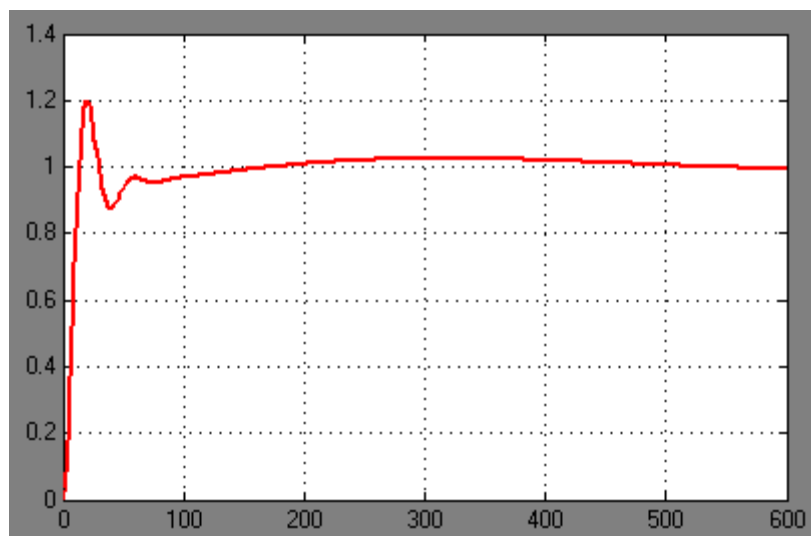
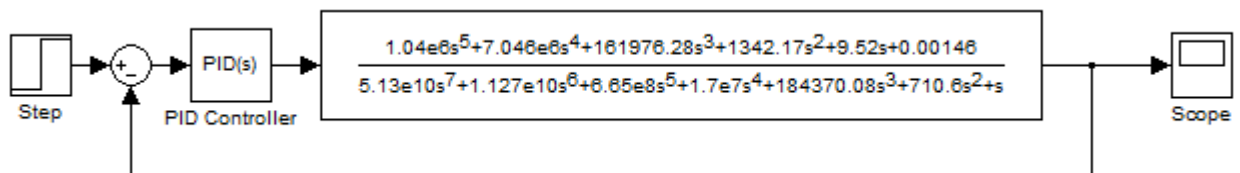


Рисунок 3.5 - Перехідна характеристика каскадної системи автоматичного регулювання

З графіків наведених на рисунках 3.4 та 3.5 визначаємо такі якісні показники:

1) перерегулювання:

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

де  $x_{\max}$  - максимальне динамічне відхилення регулюючої величини;

$x_{\infty}$  - значення регулюючої величини.

- для одноконтурної системи автоматичного регулювання:

$$\tau = \frac{1.110 - 1.000}{1.000} \cdot 100\% = 11,000\%,$$

- для каскадної системи регулювання:

$$\tau = \frac{1.200 - 1.000}{1.000} \cdot 100\% = 12,000\%.$$

2) тривалість перехідного процесу:

- для одноконтурної системи регулювання:

$$t_p = 1080 \text{ с};$$

- для каскадної системи регулювання:

$$t_p = 570 \text{ с}.$$

### **Висновки до розділу**

В цьому розділі було проведено аналіз та синтез АСК. Здійснено визначення параметрів налаштування регуляторів для одноконтурної та каскадної систем регулюванні. Виконано аналіз стійкості системи. За допомогою програмного пакету Matlab проведено моделювання систем автоматичного керування та відображені їх перехідні характеристики. На основі отриманих перехідних характеристик визначено показники якості систем керування.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## 4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

### 4.1 Побудова структурної схеми управління а також контролю

При розробці проекту автоматизації першочерговою задачею є вирішення того, якими зонами чи областями керуватимуть різні учасники об'єкта, де розташовуватимуться пункти управління та операторські приміщення, і який взаємозв'язок між ними повинен бути належним чином налагоджений. Це означає вирішення питань стосовно вибору структури управління. Під структурою управління розуміється сукупність складових частин автоматичної системи, які можуть бути розділені за певними критеріями, а також механізми взаємодії між ними. Графічне представлення цієї структури управління називається структурною схемою.

Структурна схема є ключовим документом проекту, оскільки в ній визначаються оптимальні шляхи адміністративно-технічного та оперативного управління технологічними процесами з метою досягнення високих експлуатаційних результатів.

Мета структурних схем полягає в тому, щоб визначити системи контролю та управління виробничим процесом даного об'єкта і встановити взаємозв'язки між пультами управління, щитами, оперативними робочими постами основних груп технологічного обладнання, а також показати адміністративно-технічну суть централізованого управління об'єктом.

При розробці автоматизованої системи управління технологічним процесом і збирання даних враховуються такі вимоги:

- Система має забезпечувати надійну та продуктивну роботу підприємства, виконуючи необхідні функції управління, що пов'язані з регулюванням технологічних змінних та захистом технологічного процесу та обладнання.

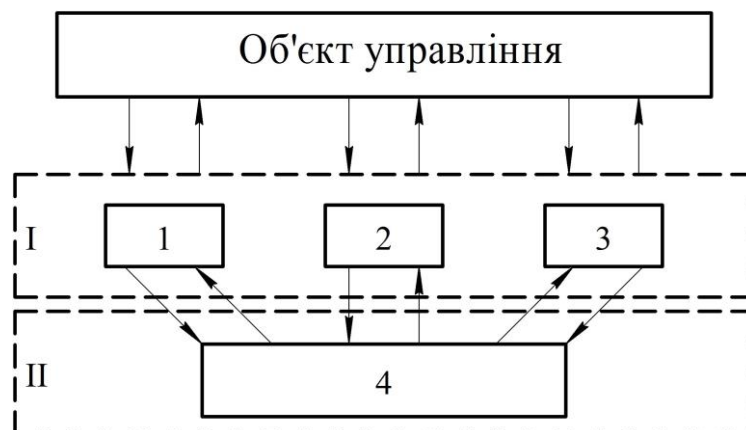
- Система повинна забезпечувати взаємодію оператора та обслуговуючого персоналу з технологічним процесом та автоматизованим обладнанням в реальному масштабі часу.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Система має надавати інформацію перед початком спостереження та дані, необхідні для обліку та управління роботою підприємства.

- Структури управління можуть бути однорівневими централізованими, однорівневими децентралізованими або багаторівневими.

У цьому проекті запропоновано трьохрівневу структуру управління, яка зображена на рисунку 4.1.



I - перший рівень управління (1, 2, 3 - регулятори і індикатори); II - другий рівень управління (4 - ПЕОМ(SCADA))

Рисунок 4.1 - Трирівнева структура управління

Для першого рівня передбачається три режими управління:

1. Приймання команд від вищого рівня.
2. Формування команд безпосередньо на першому рівні.
3. Одночасне приймання команд від вищого рівня та формування команд безпосередньо на першому рівні.

Для другого рівня передбачаються наступні режими управління:

1. Формування команд безпосередньо на другому рівні.
2. Усі функції управління з другого рівня передаються на апаратуру першого рівня.
3. Частина команд формується на другому рівні, а частина функцій управління передається на апаратуру першого рівня.

Ця структура системи управління гарантує її надійність, оперативність та

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	

можливість обслуговування. При цьому можна легко визначити оптимальний рівень централізації управління з мінімальною кількістю засобів технологічного контролю, управління та ліній зв'язку між ними.

## **4.2 Підбір технічних засобів автоматизації**

Після аналізу технологічного об'єкта, його робочих особливостей, вимог до технологічних параметрів та загального рівня автоматизації виробництва ми здійснимо вибір технічних засобів автоматизації. Комплекс таких засобів включає в себе: пристрої для отримання інформації про стан технологічного процесу, засоби формування та передачі інформації, засоби відображення інформації для обслуговуючого персоналу та виконавчі механізми.

Оскільки процес атмосферної перегонки нафти є пожежонебезпечним та вибухонебезпечним, то відповідно до цих особливостей ми вибираємо конкретні типи технічних засобів. Встановлені засоби автоматизації, які використовуються на місцях та в операторному виконанні, мають іскробезпечне виконання.

Оскільки на установці контролюється та регулюється ряд однотипних параметрів технологічного процесу, то в систему технічного забезпечення автоматизації включаються однакові автоматичні пристрої. Це значно спрощує їх використання, експлуатацію, налаштування та ремонт. При виборі технічного забезпечення автоматизації варто віддавати перевагу використанню автоматичних пристроїв серійного виробництва, що полегшує їх обслуговування та можливість заміни.

### **4.2.1 Підбір давачів температури**

Термометри опору ТХАУ Метран-271 та ТСМУ Метран - 274 (рис. 4.2) Призначені для вимірювання температури нейтральних і агресивних середовищ, за відношенням до яких матеріал із якого виконана захисна арматура є корозійностійким.

Вимірювальний перетворювач перетворює вимірювану температуру в

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



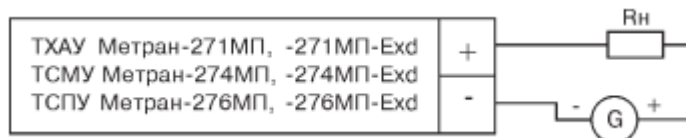
звичайного виконання.

Середній термін служби: не менше 5 років.

Гарантійний термін експлуатації: 18 місяців з моменту введення в експлуатацію.

Міжповірочний інтервал: 1 рік.

Схема підключення і монтажне креслення приведені на рис. 4.3 і 4.4 відповідно.



$R_n$  - опір навантаження, G - джерело живлення

Рисунок 4.3 - Схема підключення термометра опору

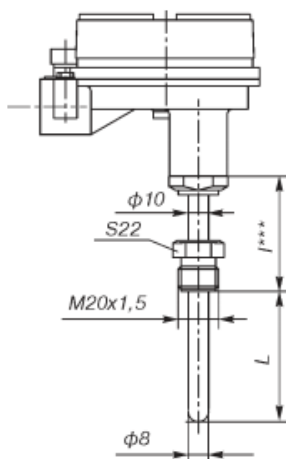


Рисунок 4.4 - Монтажне креслення термометра опору

#### 4.2.2 Вибір датчиків тиску

Датчик тиску Метран-150 (зображений на рисунку 4.5) призначений для використання в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами. Він забезпечує постійне перетворення вимірюваних значень тиску, таких як надлишковий тиск, абсолютний тиск, різниця тисків, гідростатичний тиск в нейтральних і агресивних середовищах, в уніфікований струмовий вихідний сигнал для дистанційної передачі, а також цифровий сигнал на основі HART-протоколу.

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	

Датчик Метран-150 призначений для конвертації робочого тиску рідин, пари та газу в стандартний струмовий вихідний сигнал та цифровий сигнал з використанням HART-протоколу. У таблиці 4.2 наведені найменування та модель датчика, а також коди діапазонів по тиску, максимальний верхній та мінімальний верхній значення.



Рисунок 4.3 - Сенсори тиску Метран-150

#### 4.2.3 Вибір давача витрати

Витратоміри електромагнітні Метран-370 (рис. 4.4), призначені для вимірювання об'ємної витрати електропровідних рідин, пульп і суспензій, що мають мінімальну електропровідність.



Рисунок 4.4 - Витратоміри електромагнітні Метран-370

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Витратоміри призначені для роботи у вибухобезпечних зонах приміщень і зовнішніх установок.

Повторюваність показань вихідного сигналу витратомірів складає не більше  $\pm 0,1\%$  від значення поточної витрати. Нестабільність показів витратоміра не більше  $\pm 0,1\%$  протягом шести місяців. Витратоміри мають такі основні вихідні сигнали: аналоговий струмовий сигнал; частотно-імпульсний сигнал.

Таблиця 4.3 - Діапазони вимірювання витрати

Діаметр умовного проходу, мм	Об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год		Похибка, %
	Q <sub>min</sub>	Q <sub>max</sub>	
15	0,215	6,452	±0,5 <sup>2), 3), 4)</sup>
25	0,612	18,353	
40	1,441	43,231	
50	2,375	71,257	
80	5,233	156,985	
100	8,330	270,340	
150	20,450	613,488	
200	35,414	1062,000	

#### 4.2.4 Вибір давачів рівня

Рівнемір Rosemount 5300 (рис. 4.5) - це інтелектуальний, двухпроводной рівнемір, що забезпечує безперервний вимір рівня, принцип роботи якого заснований на рефлектометрії з тимчасовим дозволом. Малопотужні наносекундні імпульси поширюються уздовж зануреного зонда. Коли імпульс досягає поверхні, частина енергії імпульсу відбивається назад до рівнеміра, при цьому різниця в часі між моментом виникнення і моментом відображення імпульсу перетворюється в відстань, з якого розраховується рівень рідини або рівень кордону розділу двох середовищ. Відбивна здатність продукту є ключовим параметром, що дозволяє проводити вимірювання. Інтенсивність відображення залежить від діелектричної проникності речовини. Середовище з високою діелектричної проникністю

забезпечує більш інтенсивне відображення і розширений діапазон вимірювань. Діелектрична проникність речовини використовується для автоматичного розрахунку порогових значень амплітуди.



Рисунок 4.5 - Рівнемір Rosemount 5300

Рівнемір 5300 призначений для комплексних вимірювань рівня більшості рідин, напіврідких і твердих речовин і урвня кордону розділу рідин.

#### **4.2.5 Вибір виконавчого механізму**

Завдяки збалансованій по тиску конструкції плунжера клапану РУСТ-410 (рис. 4.6), для приведення його в дію потрібні досить незначні за величиною зусилля, навіть при наявності високого перепаду тиску на клапані.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.6 - Клапан РУСТ-410

Це дозволяє використовувати для клапана даної серії приводи малої потужності. Можливість здійснення швидкої заміни внутрішніх деталей без демонтажу клапана з трубопроводу (внутрішні деталі клапана об'єднані в окремий модуль - запірно-регулювальний вузол, фікси-руемой в корпусі за допомогою кришки і прокладок). Завдяки цьому для здійснення ремонтно-профілактичних робіт досить зняти кришку з клапана і замінити запірно-регулювальний вузол. Захист корпусу від зносу досягається за рахунок того, що процес дроселювання відбувається всередині запірно-регулюючого вузла, і поверхня корпусу не піддається впливу високошвидкісного потоку. Внутрішні деталі клапана об'єднані в окремий модуль - запірно-регулювальний вузол, що фіксується в корпусі за допомогою кришки і прокладок. Запірно-регулювальний вузол складається з втулки, сідла і плунжера. У збалансованої конструкції плунжер клапана рухається уздовж осі вузла, здійснює перекриття прохідного перерізу у втулці, перфорованій отворами певної форми. Форма і розмір отворів визначають величину пропускну здатності і пропускну характеристику клапана. Плунжер і перфорована втулка виконуються зі спеціальних матеріалів, що виключають їх заклинювання.

						БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			54

#### 4.2.6 Вибір мікропроцесорного контролера

Контролер Siemens Simatic S7-300 (зображений на рисунку 4.7) має модульну конструкцію, яка дозволяє використовувати наступні компоненти:

1. Модуль центрального процесора (CPU), призначений для виконання програм користувача та управління всіма вузлами контролера.
2. Модуль блоку живлення (PS), який дозволяє жити контролер від мережі змінного струму напругою 120/230 В або від джерела постійного струму напругою 24/48/60/110 В.
3. Сигнальні модулі (SM) призначені для введення та виведення дискретних і аналогових сигналів з різними електричними та тимчасовими характеристиками.
4. Комунікаційні процесори (CP) використовуються для з'єднання контролера з мережами PROFIBUS, PROFINET, CANopen, Industrial Ethernet, AS-Interface, для організації зв'язку через Інтернет або PtP (point to point) інтерфейс.

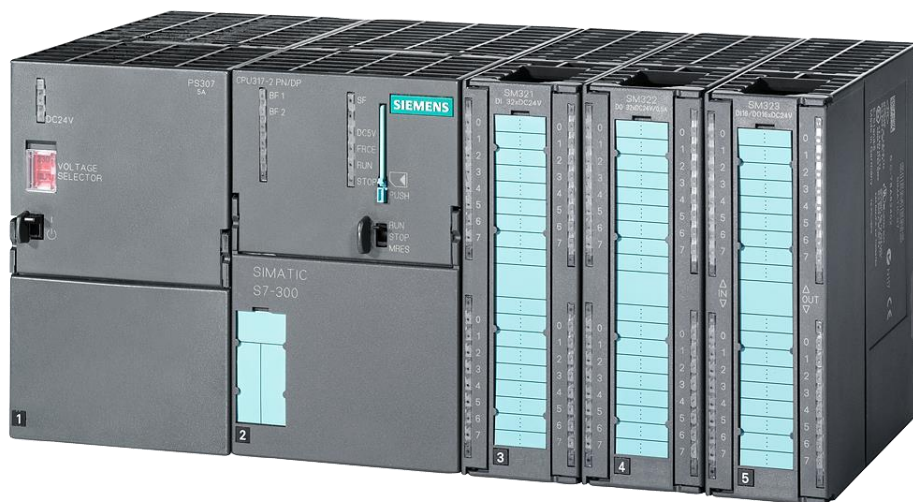


Рисунок 4.7 - Контролер Siemens simatic s7-300

5. Функціональні модулі (FM) вміють самостійно вирішувати завдання автоматичного регулювання, позиціонування, зважування, швидкісної обробки сигналів і т. д. Вони оснащені вбудованим мікропроцесором і можуть виконувати свої функції навіть у випадку зупинки центрального процесора програмованого контролера.

6. Інтерфейсні модулі (IM) надають можливість підключення однієї або кількох стійок розширення вводу-виводу до базового блоку (стійки з CPU).

									Арк.
									55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Контролери S7-300 дозволяють використовувати до 32 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів, які розміщені на 4 монтажних стійках. Усі модулі працюють з природним охолодженням. Конструкція контролера характеризується високою гнучкістю і зручністю обслуговування.

7. Всі модулі встановлюються на профільну шину S7-300 і закріплюються в робочому положенні за допомогою гвинтів.

8. У всіх модулях (крім модулів блоків живлення) вбудовані внутрішні шини контролера. З'єднання цих шин здійснюється за допомогою шинних з'єднувачів, які монтуватися на задній стороні корпусу.

9. Шинні з'єднувачі входять до комплекту поставки всіх модулів, за винятком центральних процесорів і блоків живлення.

10. Наявність фронтальних з'єднувачів дозволяє здійснювати заміну модулів без необхідності демонтажу зовнішніх з'єднань і проведення операцій з підключення зовнішніх ланцюгів модулів, що спрощує процес виконання.

11. Підключення зовнішніх ланцюгів здійснюється через фронтальні з'єднувачі з контактами під гвинт або контактами-клямками, а також контактами FastConnect.

12. Механічне кодування фронтальних з'єднувачів запобігає можливість виникнення помилок під час заміни модулів.

13. Використання модульних і гнучких з'єднувачів SIMATIC TOP Connect та шаф управління значно спрощує процес монтажу.

14. Корпуси модулів мають однакову глибину, що спрощує планування монтажу.

15. Усі кабелі розташовуються в монтажних каналах модулів і прикриваються захисними дверцятами.

16. Можливість довільного розміщення модулів в монтажних стійках. Лише блоки живлення, центральні процесори і інтерфейсні модулі мають фіксовані місця.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

## 4.3 Реалізація системи автоматизації

### 4.3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема використовується для визначення характеру системи автоматизації технологічного процесу, описує характеристики структури та забезпечує засобами автоматизації. На цій схемі зображені технологічна схема та спрощене уявлення про агрегати, прилади та засоби автоматизації та управління, які представлені умовними позначеннями відповідно до діючих стандартів. Цю схему створюють на одному аркуші паперу, на якому відображаються засоби автоматизації та апаратура всіх систем контролю, регулювання та сигналізації, що стосуються заданої установки.

Схеми можуть бути подані у спрощеному або розгорнутому вигляді. Кожному приладу та засобу автоматизації, що зображені на Функціональній Схемі Автоматизації (ФСА), присвоюють позиційне позначення. Позиційне позначення складається з арабських цифр, що вказують на номер функціональної групи та контуру, а також з українських букв. Кожному елементу функціональної групи надають буквене позначення в алфавітному порядку, відповідно до послідовності проходження сигналу, починаючи від пристрою отримання інформації і закінчуючи пристроями впливу на керований процес. Технологічне обладнання та комунікації на ФСА, як правило, зображуються у спрощеному вигляді.

На схемах технологічних трубопроводів відображається регулююча запірна апаратура, що безпосередньо залучена до процесу контролю та управління. Функціональна схема атмосферного блоку установки АВТ зображена на листі графічної частини.

Для контролю, реєстрації і сигналізації максимального значення температури нафти після теплообмінників Т-4-Т-16 використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз.1-1а), сигнал з якого подається на ПЛК Siemens sematic S7-300 (далі ПЛК).

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації максимального

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення температури верху колон К-1 використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-01(поз.1-2а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пнеumo перетворювач позиціонер ЕПП-300(поз. 1-2б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 1-2в), що встановлений на лінії гострого зрошення верху колони К-1.

Для контролю, реєстрації, регулювання, і сигналізації мінімального значення температури низу колони К-1 використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз.1-3а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пнеumo перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 1-3б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 1-3в), що встановлений на лінії подачі пари в низ колони К-1.

Для контролю, реєстрації температури бензину після АПО Т-19 використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-02 (поз.1-4а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації максимального значення температури на виході з печі П-1 використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз.1-5а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пнеumo перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 1-5б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 1-5в), що встановлений на лінії подачі палива в піч П-1.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації максимального значення температури на виході з печі П-3 використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз.1-6а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пнеumo перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз.1-6б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 1-6в), що встановлений на лінії подачі палива в піч П-3.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації максимального значення температури верху колон К-2 використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-01 (поз.1-7а), сигнал з якого подається на ПЛК.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневмо перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 1-7б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 1-7в), що встановлений на лінії гострого зрошення верху колони К-2.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації мінімального значення температури низу колони К-2 використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз.1-8а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневмо перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 1-8б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 1-8в), що встановлений на лінії подачі пари в низ колони К-2.

Для контролю, реєстрації температури бензину після АПО Т-17 використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-02 (поз.1-9а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації температури верху стрипінгу К-3б використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз. 1-10а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації температури низу стрипінгу К-3б використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз. 1-11а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації температури верху стрипінгу К-3а використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз. 1-12а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації температури низу стрипінгу К-3а використовується термоелектричний перетворювач Метран ТХАУ-271 (поз. 1-13а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації температури скрубєрного газу після теплообмінника Т-31 використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-02 (поз.1-14а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації температури бензину на виході з установки використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-02

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(поз.1-15а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації температури дизельного палива (в суміші з гасом) після теплообмінника Т-31 використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-02 (поз.1-16а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації температури дизельного палива після електророзділювача ЕР-2 використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-02 (поз.1-17а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації і регулювання на виході АПО Т-15 використовується термоперетворювач опору мідний Метран ТСМУ-274-02 (поз.1-18а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК поступає на перетворювач частоти Altivar 312 (поз. 1-18в), що встановлений по місцю біля АПО Т-15.

Для контролю, реєстрації і сигналізації максимального значення тиску нафти в колоні К-1 використовується перетворювач тиску Метран 150ТG-2 (поз.2-1а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації і сигналізації мінімального значення тиску нафти на викиді насосу Н-8 використовується перетворювач тиску Метран 150СG-4 (поз.2-2а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації максимального значення тиску в колоні К-2 використовується перетворювач тиску Метран 150ТG-2 (поз.2-3а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневмо перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 2-3б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 2-3в), що встановлений на лінії виходу бензину з колони К-2.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації максимального значення тиску в скрубєрі Е-4 використовується перетворювач тиску Метран 150ТG-2 (поз.2-4а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневмо перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 2-4б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 2-4в), що встановлений на

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лінії виходу газу з скрубера Е-4.

Для контролю, реєстрації і сигналізації мінімального значення тиску нафти на викиді насосу Н-40 використовується перетворювач тиску Метран 150СГ-4 (поз.2-5а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації витрати нафти в теплообмінники Т-5 - Т-13 використовується електромагнітний витратомір Метран 370-80 (поз.3-1а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації витрати нафти в теплообмінники Т-14 - Т-16 використовується електромагнітний витратомір Метран 370-50 (поз.3-2а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації і регулювання витрати нафти в колону К-1 використовується електромагнітний витратомір Метран 370-80 (поз.3-3а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневмо перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 3-3б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 3-3в), що встановлений на викиді насосу Н-10.

Для контролю, реєстрації витрати нафти на зрошення верху колони К-1 використовується електромагнітний витратомір Метран 370-25 (поз.3-4а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації і сигналізації мінімального значення витрати нафти в піч П-1 використовується електромагнітний витратомір Метран 370-50 (поз.3-5а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації і сигналізації мінімального значення витрати нафти в піч П-3 використовується електромагнітний витратомір Метран 370-50 (поз.3-6а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації витрати бензину з установки використовується електромагнітний витратомір Метран 370-25(поз.3-8а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації витрати газу з установки використовується

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромагнітний витратомір Метран 370-25(поз.3-7а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації витрати дизельного палива з установки використовується електромагнітний витратомір Метран 370-50 (поз.3-9а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації витрати дизельного палива з установки використовується електромагнітний витратомір Метран 370-25(поз.3-10а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації і сигналізації мінімального значення рівня нафти в колоні К-1 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-3а (поз.4-1а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації мінімального значення рівня в колоні К-2 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-3а (поз.4-2а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневмо перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 4-2б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 4-2в), що встановлений на лінії виходу мазуту з колоні К-2.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації мінімального значення рівня води в водовідділювачі Е-3 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-1а (поз.4-3а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневмо перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 4-3б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 4-3в), що встановлений на лінії скиду води з Е-3.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації мінімального значення рівня бензину в водовідділювачі Е-3 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-1а (поз.4-4а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневмо перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 4-4б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 4-4в), що встановлений на викиді насосу Н-13.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю, реєстрації і регулювання рівня бензину в скрубєрі Е-4 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-1а (поз.4-5а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневно перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 4-5б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 4-5в), що встановлений на лінії скиду бензину з скрубєра.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації мінімального значення рівня води в водовідділювачі Е-5 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-1а(поз.4-6а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневно перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 4-6б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 4-6в), що встановлений на лінії скиду води з Е-5.

Для контролю, реєстрації, регулювання і сигналізації мінімального значення рівня бензину в водовідділювачі Е-3 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-1а (поз.4-7а), сигнал з якого подається на ПЛК. Регулюючий сигнал з ПЛК через електро-пневно перетворювач позиціонер ЕПП-300 (поз. 4-7б) поступає на пневматичний регулюючий клапан Руст 410-1 НО (поз. 4-7в), що встановлений на викиді насосу Н-17.

Для контролю і реєстрації рівня бензину в відбійнику Е-9 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-3а (поз.4-9а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю і реєстрації рівня гасу в стріпінгу К-3а використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-3а (поз.4-11а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю і реєстрації рівня дизельного палива в стріпінгу К-3б використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-3а (поз.4-10а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю і реєстрації рівня дизельного палива в електророзділювачі ЕР-1 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-3а (поз.4-12а), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю і реєстрації рівня дизельного палива в електророзділювачі

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

EP-2 використовується радарний рівнемір Rosemount 5300-3a (поз.4-13a), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю і реєстрації концентрацій кисню і вуглекислого газу в димових газах печі П-1 використовується газоаналізатор MAPY 4.0 (поз.5-1a), сигнал з якого подається на ПЛК.

Для контролю і реєстрації концентрацій кисню і вуглекислого газу в димових газах печі П-3 використовується газоаналізатор MAPY 4.0 (поз.5-2a), сигнал з якого подається на ПЛК.

#### **4.3.2 Розробка конструкції загального вигляду щита**

Щити призначаються для розміщення у них засобів контролю та управління технологічними процесами, пристроїв автоматизації, живлення, блокування, захисту а також ліній зв'язку між ними.

У наступній послідовності проводиться розробка загального виду щита:

- 1) проводиться вибір стандартного щита та пульта виходячи з числа задіяних приладів, електроапаратури, а також категорій приміщень, де встановлюється щит;
- 2) виконується розміщення приладів а також апаратури на фасадних панелях та всередині щитів та пультів.

Для вивчення даної установки будемо використовувати шкафи, які виготовлені методом субблоків, а також панельні щити. Ці щити характеризуються наступними параметрами:

- 1) уся апаратура для управління розміщена на передній стінці субблоку, а відповідна допоміжна (малогабаритна) апаратура розташована на внутрішній поверхні. Підєднання до електроживлення здійснюється за допомогою роз'ємів, які розташовані на задній частині субблоку;
- 2) уся апаратура для керуванню насосами та допоміжною апаратурою, розділена на окремі елементи (блоки), що створює доволі хороші умови для управління а також спостереження у процесі протікання технологічного поцесу;
- 3) субблочне виконання характеризується малогабаритністю у зрівнянні з

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

іншими щитами. У внутрішній частині субблоку розміщується реле часу та проміжні реле, а на передній панелі розміщується сигнальна апаратура тобто світлові табло.

Повногабаритний панельний щит ЩП 2200x600x60 використовується з метою розміщення показуючих, реєструючих, самопишучих вторинних приладів. Усі перетворювачі, а також сигналізатори розташовані за щитами на штативі. Таблиця надписів на табло і бірках приведена на кресленні.

### **Висновки до розділу**

У цьому розділі було проведено розробку технічної документації для АСК. Конкретно, була обрана структура ієрархічної системи керування з трьома рівнями, а також визначено технічні засоби автоматизації, які будуть використовуватись у технологічному процесі.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОКИ

В даній роботі розроблена розроблена система автоматизації атмосферного блоку установки АВТ. Автоматизована система керування виробництвом передбачає перехід на централізоване керування технологічним процесом, з використанням контролера Siemens simatic S7-300.

В роботі здійснений опис технологічної схеми даного процесу, наведені технічні характеристики технологічного обладнання: ректифікаційних колон, резервуарів, насосів, АПО. Також було вибрано та обґрунтовано параметри контролю та регулювання для управління даним процесом. Були визначені динамічні характеристики керованого об'єкту. Проведено вибір регуляторів в одноконтурній та каскадній АСР, а також розраховано оптимальні параметри налаштування регуляторів. Було здійснено синтез та аналіз АСР. За результатами оцінки якості автоматичних систем та показниками якості регулювання можна зробити висновок, що якісні характеристики каскадної системи є кращими, ніж в одноконтурній. Було розглянуто технічну організацію автоматичної системи регулювання установки АВТ, а також розглянуто вимоги до проектування і експлуатації систем управління. Проведено вибір та обґрунтування ТЗА, які потрібні для експлуатації розроблюваного об'єкту, виходячи з умов проходження технологічного процесу.

Цей проект розроблений на основі реального технологічного процесу і відповідного технологічного обладнання.

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## ПЕРЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Технологічні основи нафто- та газопереробки: навчальний посібник / В.І.Склабінський, О.О.Ляпощенко, А.Є.Артюхов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 186 с

2. Національна акціонерна компанія “Нафтогаз України”. — Київ, 2009. — <http://www.naftogaz.com/>

3. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / Врагов А.П., Михайловський Я.Е., Якушко С.І.; за ред. А.П. Врагова. — Суми: Вид-во СумДУ, 2008. — 170 с.

4. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навч. посібник: Для студ. вищих навч. закл. / І. В. Ельперін; Національний ун-т харчових технологій. - К.: НУХТ, 2003. - 319 с.

5. 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.

6. Сердюк О.О. Основи проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посіб. для студ. ден. та заоч. форм навч. спец. "Автоматизоване управління технологічними процесами" / О. О. Сердюк; Донбаська держ. машинобудівна академія. - Краматорськ: ДДМА, 2006. - 144 с.

7. Проектування систем автоматизації [Текст]: метод. вказівки до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студ. спец. 7.092501 "Автоматизоване управління технологічними процесами" напряму 0925 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання / Національний ун-т харчових технологій ; уклад. В. Г. Трегуб. - К.: НУХТ, 2004. - 24 с.

8. Семенцов, Г. Н. Теорія автоматичного керування [Текст]: навч. посіб. /

					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Г. Н. Семенов. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. – 610 с.

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

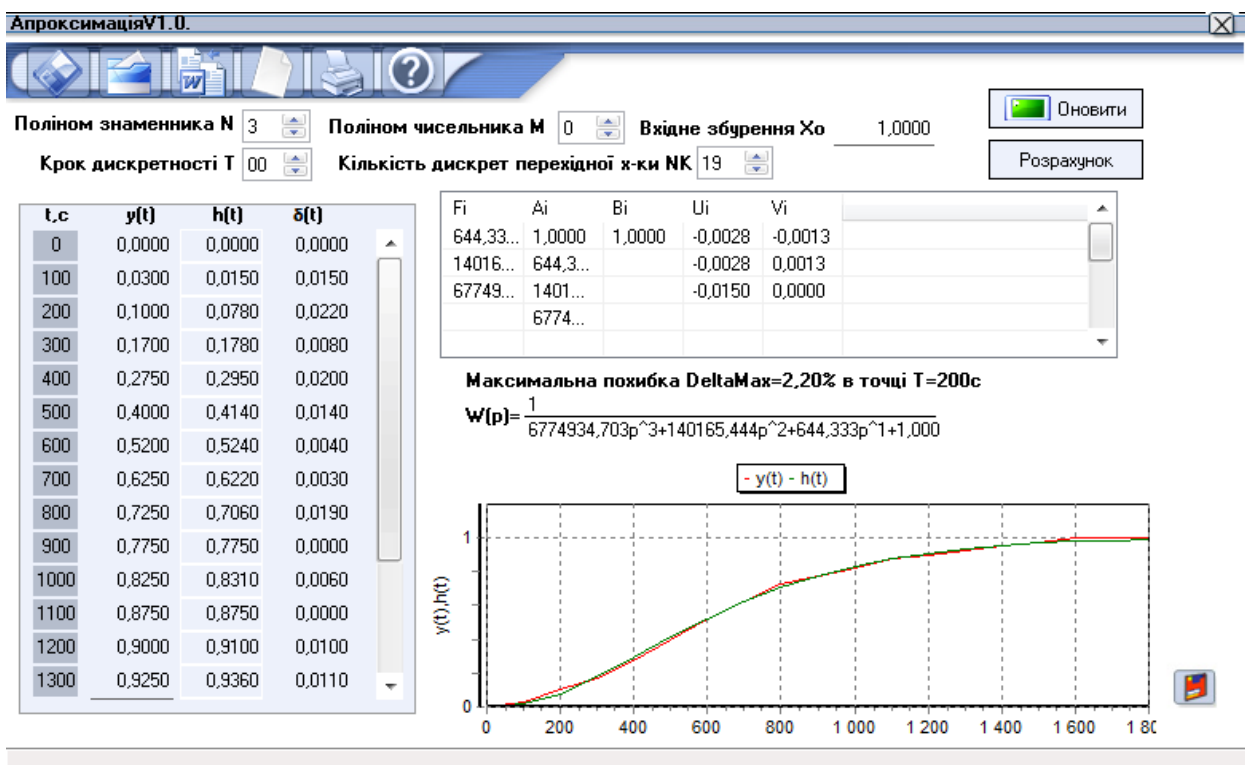
10. Автоматизація процесів переробки нафти і газу / Г. Н. Семенов, М. І. Горбійчук, Л. І. Жуган, С. А. Чеховський. - Львів, 1992. - 268 с.

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

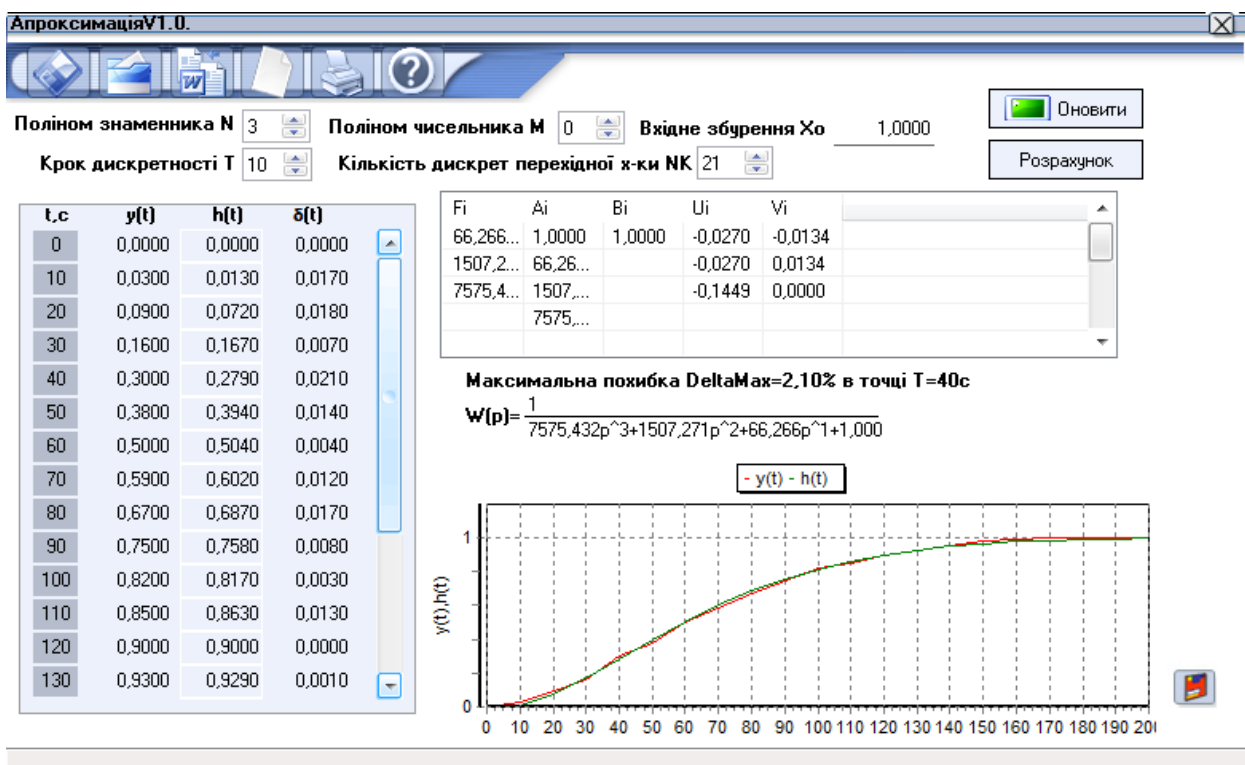
					БР.АКП-20.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

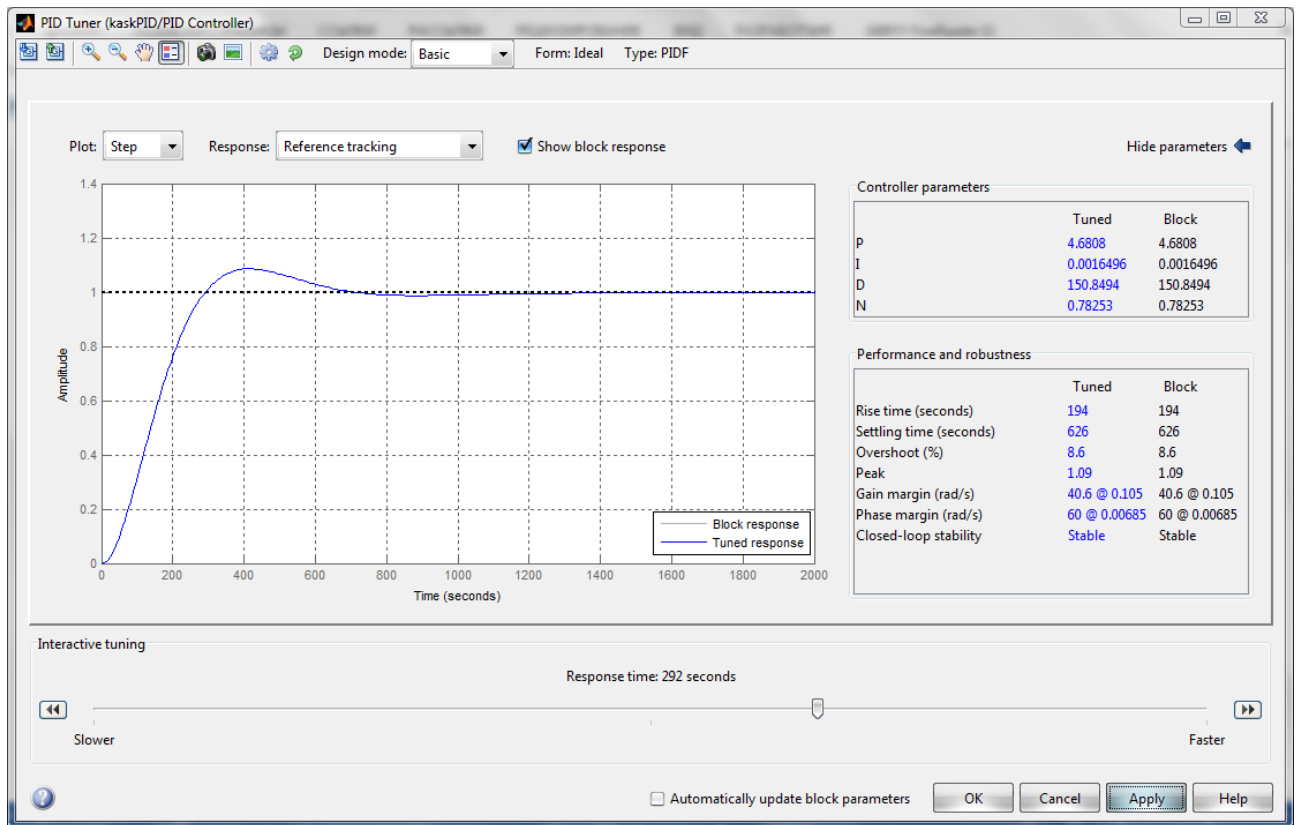
# Додаток А1



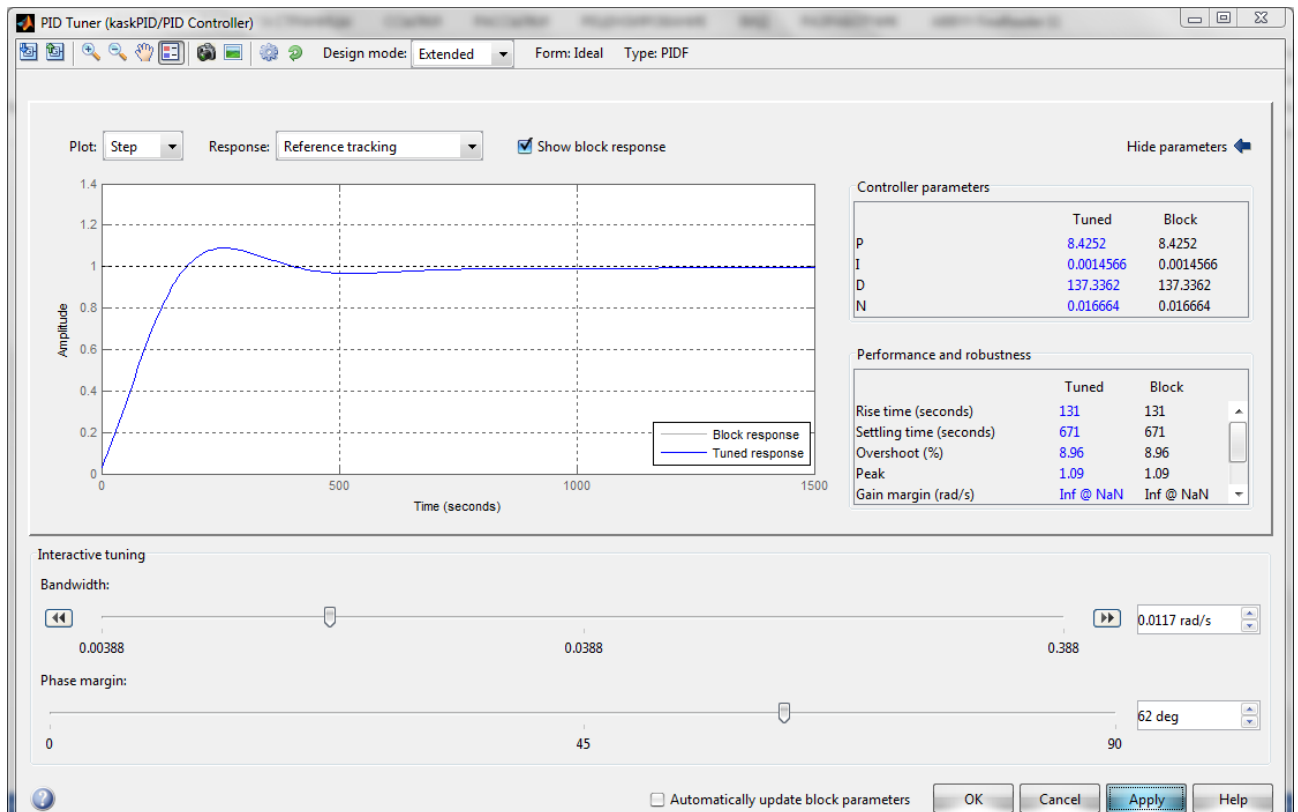
## Додаток А2



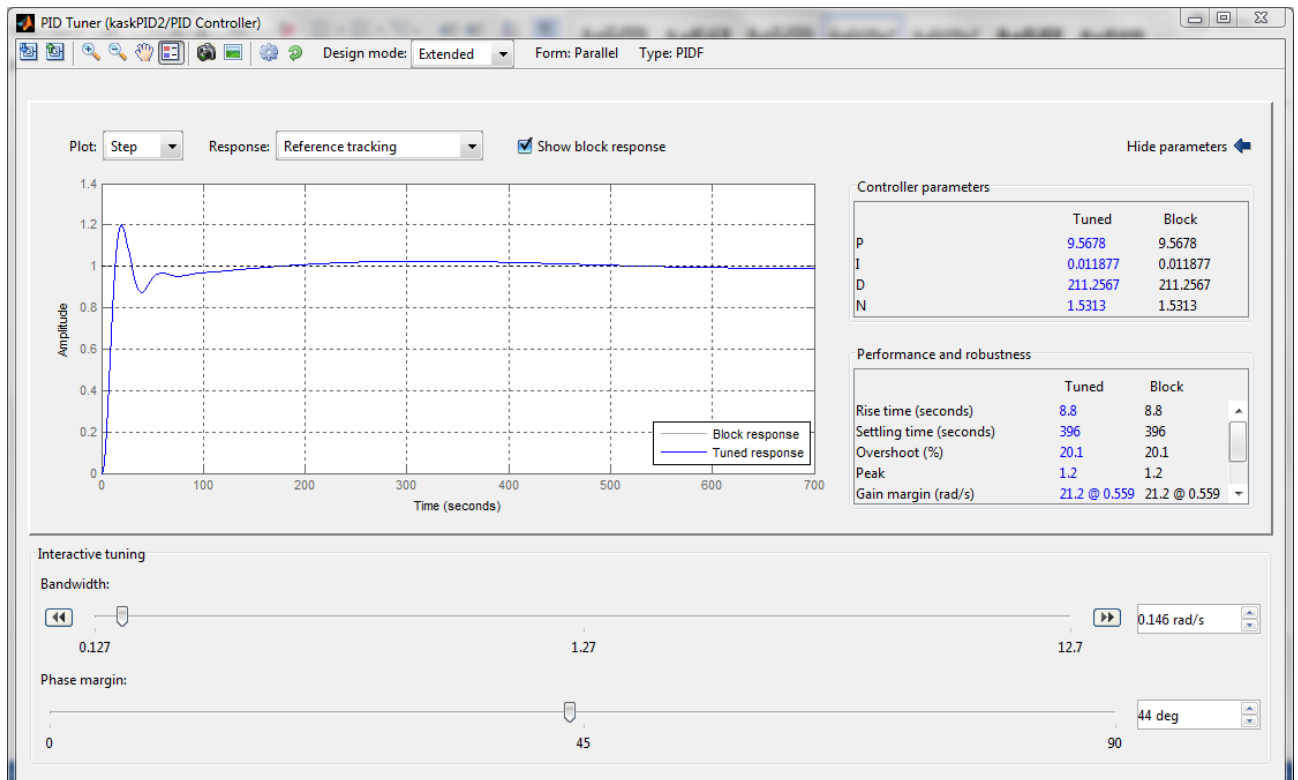
# Додаток Б1



## Додаток Б2



# Додаток Б3

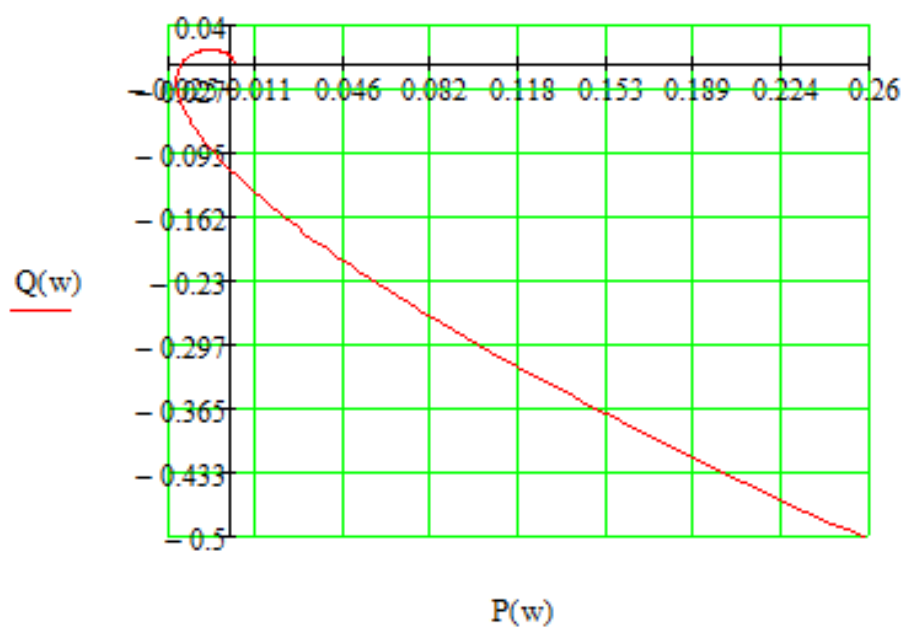


## Додаток В1

$$P(w) := 6774934.703 \cdot w^4 - 795.183 \cdot w^2 + 0.00165$$

$$Q(w) := -140165.444 \cdot w^3 + 5.681 \cdot w$$

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



## Додаток В2

$$\begin{aligned}
 a_n &:= 4.59 \cdot 10^{13} & a_4 &:= 1.09 \cdot 10^8 & a_{n8} &:= 0.012 \\
 a_{n1} &:= 2.1 \cdot 10^{12} & a_5 &:= 1.63 \cdot 10^6 \\
 a_{n2} &:= 5.34 \cdot 10^{10} & a_6 &:= 8200.31 \\
 a_{n3} &:= 2.64 \cdot 10^9 & a_7 &:= 17.346
 \end{aligned}$$

$$A_8 := \begin{pmatrix} a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} \end{pmatrix} \quad |A_8| \rightarrow 4.291421869942447535e49$$

$$A_7 := \begin{pmatrix} a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 & 0 & 0 \\ a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} & 0 & 0 \\ 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 & 0 \\ 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} & 0 \\ 0 & 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 \\ 0 & 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} \\ 0 & 0 & 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} \end{pmatrix} \quad |A_7| \rightarrow 3.5761848916187062792e51$$

$$A_6 := \begin{pmatrix} a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 & 0 \\ a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} & 0 \\ 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 \\ 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} \\ 0 & 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} \\ 0 & 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} \end{pmatrix} \quad |A_6| \rightarrow 2.4545764887753174327e50$$

$$A_5 := \begin{pmatrix} a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} & 0 \\ a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} & a_{n8} \\ 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} \\ 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} \\ 0 & 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} \end{pmatrix} \quad |A_5| \rightarrow 3.5497021669022756736e46$$

$$A_4 := \begin{pmatrix} a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} & a_{n7} \\ a_n & a_{n2} & a_{n4} & a_{n6} \\ 0 & a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} \\ 0 & a_n & a_{n2} & a_{n4} \end{pmatrix} \quad |A_4| \rightarrow 2.57036702443056e40$$

$$A_3 := \begin{pmatrix} a_{n1} & a_{n3} & a_{n5} \\ a_n & a_{n2} & a_{n4} \\ 0 & a_{n1} & a_{n3} \end{pmatrix} \quad |A_3| \rightarrow 3.4742934e32$$

## Продовження додатку В2

$$A2 := \begin{vmatrix} an1 & an3 \\ an & an2 \end{vmatrix} \quad |A2| \rightarrow 9.036e21$$

$$A1 := |an1| \quad |A1| \rightarrow 2.1e12$$