

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ

Група АКП-21-1

**Володимир Процик**

**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

Процик Володимир Андрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.5:665.7.034.2  
(індекс)

## БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка системи автоматизації установки одноступінчастого  
(назва роботи)

гідрокрекінгу вакуумного газойлю

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 О.В. Кучмистенко  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

### Рецензент

доцент І.І. Чигур  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

### Здобувач освітнього ступеня

АКП-21-1 В.А. Процик  
(шифр групи) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

### Науковий керівник

асистент Л.І. Лагойда  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

### Допущено до захисту

### Завідувач кафедри

доцент А.І. Лагойда  
(посада) (підпис) (дата) (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**

Процик Володимир Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації установки одноступінчастого гідрокрекінгу вакуумного газойлю

керівник роботи Лагойда Людмила Іванівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи 13.06.2025

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз технологічного процесу гідрокрекінгу в стаціонарному шарі каталізатора 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-18.00.00.001;

Лист 2 - Аналіз і синтез одноконтурної АСК - БР.АКП-18.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз і синтез каскадної АСК - БР.АКП-18.00.00.003;

Лист 4 - Структурна схема - БР.АКП-18.00.00.004;

Лист 5 - Електрична схема - БР.АКП-18.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКП-18.00.00.006.

## 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 гідрокрекінгу в стаціонарному шарі каталізатора 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)

В.А. Процик \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

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

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 71 сторінку друкованого тексту, 15 рисунків, 7 таблиць, 7 переліків посилань на джерела і 2 додатки.

Тема: розроблення системи автоматизації установки одноступінчастого гідрокрекінгу вакуумного газойлю.

Об'єкт дослідження: установка гідрокрекінгу вакуумного газойлю.

Мета проекту: удосконалення системи автоматизації технологічного процесу.

Методи дослідження: експериментальне моделювання автоматичної системи управління.

Результати дипломного проектування: в бакалаврській роботі проаналізовано технологічний процес одноступінчастого гідрокрекінгу вакуумного газойлю. Вибрані параметри контролю і регулювання процесом. Здійснений аналіз існуючого технологічного обладнання.

На основі даних пасивного експерименту встановлено передавальну функцію об'єкта за основним а також допоміжним каналами регулювання, вибрано ефективні регулятори, розраховані їхні швидкодіючі та ефективні параметри налаштування, виконано розрахунки одноконтурної а також каскадної систем автоматичного керування, встановлено показники якості систем, та досліджено розроблені системи на стійкість.

Побудовано структурну схему ієрархічної системи автоматичного керування, виконано ефективний вибір технічних засобів автоматизації.

Ключові слова: автоматизація гідрокрекінгу, одноконтурна система, каскадна система, налаштування регулятора.

## **ABSTRACT**

The qualification work contains: 71 pages of printed text, 15 figures, 7 tables, 7 lists of references to sources and 2 appendices.

Topic: development of an automation system for a single-stage hydrocracking unit for vacuum gas oil.

Object of research: a vacuum gas oil hydrocracking unit.

Project goal: improvement of the automation system for the technological process.

Research methods: experimental modeling of an automatic control system.

Results of the diploma project: the bachelor's thesis analyzed the technological process of single-stage hydrocracking of vacuum gas oil. The parameters of control and regulation of the process were selected. The analysis of existing technological equipment was carried out.

Based on the data of the passive experiment, the transfer function of the object was established for the main and auxiliary control channels, effective regulators were selected, their high-speed and effective adjustment parameters were calculated, calculations of single-loop and cascade automatic control systems were performed, system quality indicators were established, and the developed systems were tested for stability.

A structural diagram of a hierarchical automatic control system has been constructed, and an effective selection of technical means of automation has been made.

Keywords: hydrocracking automation, single-circuit system, cascade system, regulator settings.

## ЗМІСТ

	<b>ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>8</b>
	<b>ВСТУП.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГІДРОКРЕКІНГУ В СТАЦІОНАРНОМУ ШАРІ КАТАЛІЗАТОРА ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>10</b>
	1.1 Призначення гідрокрекінгу і суть процесу.....	10
	1.2 Характеристика сировини, реагентів і отриманої продукції.....	11
	1.2.1 Сировина і продукція.....	11
	1.2.2 Каталізатори.....	13
	1.3 Опис технологічного процесу.....	14
	1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання.....	16
	1.4.1 Теплообмінна апаратура.....	16
	1.4.2 Реактори.....	17
	1.4.3 Печі.....	18
	1.4.4 Компресори.....	18
	1.5 Вибір і обґрунтування параметрів управління.....	18
	1.5.1 Температура.....	18
	1.5.2 Тиск.....	19
	1.5.3 Об'ємна швидкість подачі сировини.....	20
	1.5.4 Кратність циркуляції водневмісного газу.....	20
	Висновки до розділу.....	20
<b>2</b>	<b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>22</b>
	2.1 Структурна схема об'єкта керування.....	22

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації установки одноступінчастого гідрокрекінгу вакуумного газойлю	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Процик В.А.						
Перевір.		Лагойда І.І.					6	71
Реценз.		Чигур Л.Я.				<b>АКП-21-1 ІФНТУНГ</b>		
Н. Контр.		Кучмистенко О.В.						
Затверд.		Лагойда А.І.						

2.2	Складання функціональної схеми регулювання. Обґрунтування та вибір складових елементів системи.....	23
2.3	Результати експерименту.....	24
2.4	Обробка результатів експерименту.....	26
	Висновки до розділу.....	31
<b>3</b>	<b>СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>32</b>
3.1	Розрахунок налаштування одноконтурної АСК.....	32
3.2	Розрахунок параметрів каскадної АСК.....	33
3.3	Дослідження на стійкість одноконтурної АСР.....	35
3.4	Дослідження на стійкість каскадної АСР.....	36
3.5	Оцінка якості керування за перехідними характеристиками.....	37
	Висновки до розділу.....	38
<b>4</b>	<b>РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК.....</b>	<b>40</b>
4.1	Розробка структурної схеми управління і контролю.....	40
4.2	Вибір технічних засобів автоматизації нижнього рівня.....	41
4.2.1	Вибір датчиків температури.....	42
4.2.2	Вибір датчиків тиску.....	43
4.2.3	Вибір датчиків рівня.....	45
4.2.4	Вибір датчиків витрати.....	45
4.2.5	Вибір виконавчого механізму.....	46
4.2.6	Вибір контролера.....	47
4.3	Розробка функціональної схеми автоматизації.....	51
4.4	Проектування щита сигналізації та управління.....	56
4.5	Розробка принципів електричних схем.....	57
4.5.1	Розробка принципової електричної схеми сигналізації.....	58
4.5.2	Розробка принципової електричної схеми управління насосами Н-1 – Н-6.....	60
	Висновки до розділу.....	61
	<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>63</b>
	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....</b>	<b>65</b>
	<b>ДОДАТКИ</b>	

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АСР - автоматична система регулювання.

АСК - автоматична система керування.

ГДК - гранично допустима концентрація.

ВМ - виконавчий механізм.

ПЛК - програмований логічний контролер.

ОК - об'єкт керування.

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

ФСА - функціональна схема автоматизації.

РО – регулюючий орган.

ТП - технологічний процес.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## ВСТУП

В загальному розумінні автоматизація суттєво покращує технічні а також технологічні характеристики об'єктів, збільшує економічну ефективність об'єктів, надійність та безпечність усього роботи технологічного обладнання.

Основними перевагами автоматизації є можливість забезпечити зростання продуктивності а також покращення умов праці, можливість виконання робіт у достатньо важкодоступних чи навіть недоступних для людини сферах, підвищується точність та якість технологічного процесу та відповідних виробів, відбувається зростання надійності та загальної культури виробництва.

Розвиток систем автоматизації відбувається за рахунок удосконалення конструкцій, а також підвищення точності та надійності апаратури, створення абсолютно нових типів приладів та систем автоматичного керування.

Наявні досягнення науки та техніки в областях електроніки та приладобудування дають можливість вирішення складних завдань автоматизації та телемеханізації. Увесь час відбувається перехід до нових етапів автоматизації.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГІДРОКРЕКІНГУ В СТАЦІОНАРНОМУ ШАРІ КАТАЛІЗАТОРА ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

## 1.1 Призначення гідрокрекінгу і суть процесу

Гідрокрекінг - процес більш пізнього покоління, ніж каталітичний крекінг і каталітичний риформінг, тому він більш ефективно здійснює ті ж завдання, що і ці два процеси. Гідрокрекінг дозволяє збільшити вихід компонентів бензину, зазвичай за рахунок перетворення сировини типу газойлю. Якість компонентів бензину, яке при цьому досягається, недосяжно при повторному проходженні газойлю через процес крекінгу, в якому він був отриманий. Гідрокрекінг також дозволяє перетворювати важкий газойль в легкі дистиляти (реактивне і дизельне паливо). І, мабуть, найважливіше - те, що при гідрокрекінзі не утворюється ніякого важкого неперегонного залишку (коксу або кубового залишку), а тільки легкокиплячі фракції.

Гідрокрекінг - це каталітичний крекінг у присутності водню. Поєднання водню, каталізатора і відповідного режиму процесу дозволяють провести крекінг низькоякісного легкого газойлю, який утворюється на інших крекінг-установках і іноді використовується як компонент дизельного палива. Установа гідрокрекінгу виробляє високоякісний бензин.

Його найважливіша перевага - це здатність перемикати потужності нафтопереробного заводу з випуску великих кількостей бензину (коли установка гідрокрекінгу працює) на випуск великих кількостей дизельного палива (коли вона відключена).

Гідрокрекінг підвищує якість компонентів бензину, так і дистиляту. Він споживає найгірші з компонентів дистиляту і видає компонент бензину вище середньої якості.

Слід зазначити ще один момент: у процесі гідрокрекінгу утворюються значні кількості ізобутану, що виявляється корисним для управління кількістю сировини в процесі алкілування.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Характеристика сировини, реагентів і отриманої продукції

### 1.2.1 Сировина і продукція

В якості основної сировини гідрокрекінгу використовується дистильатний продукт вакуумної перегонки мазуту-залишку атмосферної перегонки нафти. Нижче наведені основні характеристики типового вакуумного дистилляту сірчистої західно-сибірської нафти.

Таблиця 1.1 - Характеристика вакуумного дистилляту

Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	902
Фракційний склад (об'ємний), °С	
н.к.	300
10 %	373
50 %	422
96 %	499
Коксуємість, %	0,15
Вміст, %	
сірки	1,8
азоту	0,1
Груповий вуглеводневий склад, %	
парафіново-нафтеніві вуглеводні	43,8
ароматичні вуглеводні	54,0
в тому числі	
моноциклічні	20,2
біциклічні	20,2
поліциклічні	13,3
смоли	2,2

В окремих випадках на гідрокрекінг направляють середньо-дистильатні фракції і важкий бензин з метою отримання легкокиплячих вуглеводнів C<sub>3</sub> – C<sub>7</sub>.

Водень на гідрокрекінг направляється зі спеціалізованих установок конверсії

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

природного або нафтозаводських газів з водяною парою або після газифікації нафтових залишків. Недостаюча кількість водню надходить з установок риформінгу бензинових фракцій і виробництва етилену.

Зазвичай водневмісний газ містить у своєму складі (за обсягом) більше 95% водню. У вигляді домішок присутніми є метан, азот, оксид вуглецю (наявність останніх являється небажаною).

Основними продуктами гідрокрекінгу є бензинові, гасові та дизельні фракції; в окремих випадках - зріджені гази  $C_3 - C_4$  і очищені залишкові фракції - вихідна сировина для піролізу, каталітичного крекінгу, виробництва мастил. Побічними продуктами є сірководень і вуглеводні  $C_1 - C_2$ .

Подальша переробка сірководню здійснюється на установках виробництва сірки або сірчаної кислоти, вуглеводневі гази  $C_1 - C_2$ , використовуються в якості сировини для виробництва водню або як паливо, зріджені гази  $C_3 - C_4$  знаходять як технічне, так і побутове застосування. Легкий бензин з октановим числом до 85 є високоякісним компонентом товарного автомобільного бензину.

Важкий бензин відрізняється високим вмістом нафтових вуглеводнів і використовується в якості компонента сировини риформінгу, забезпечуючи отримання автомобільного бензину з поліпшеними антидетонаційними характеристиками.

Наявні гасові фракції повністю відповідають вимогам сучасних а також перспективні реактивні палива із деякою підвищеною густиною, певним помірним вмістом ароматичних вуглеводнів, деякими хорошими показниками стосовно термічної стабільності та відповідно низькотемпературних властивостей.

В процесі гідрокрекінгу може бути отриманий весь асортимент дизельних палив від арктичних до літніх обважнених сортів. Дизельні палива відрізняються практичною відсутністю неграничних, сірчистих і азотних сполук і низьким вмістом ароматичних вуглеводнів, що забезпечує їм високі експлуатаційні показники.

Глибокоочищена фракція 350-500°C може бути використана як сировина для піролізу; її застосування дозволяє вивільнити з виробництва етилену фракції

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бензину і дизельного палива.

Залишкові фракції гідрокрекінгу практично не містять бі- і поліциклічних вуглеводнів і можуть бути успішно використані для отримання олив з високим індексом в'язкості без застосування стадії селективного очищення.

### 1.2.2 Каталізатори

У сучасних процесах гідрокрекінгу найбільше поширення отримали біфункціональні каталізатори, які містять як гідруючі компонентів метали VI і VIII груп, частіше у вигляді оксидів і сульфідів молібдену, нікелю, кобальту, ванадію, рідше - платини, паладію, ренію. Основою каталізаторів є оксид алюмінію або алюмосилікати. Аморфні алюмосилікати використовуються у разі виробництва середньодистилятних палив, цеолітовмісні - при отриманні бензину.

Таблиця 1.2 - Характеристика каталізаторів гідрокрекінгу

Показники	I стадія		II стадія		
	1	2	1	2	3
Склад, %					
оксид нікелю	7	32	10	10	9
Триоксид молібдену	21	60	18	18	20
алюмосилікат	-	-	28	36	-
цеоліт	-	-	-	-	19
оксид алюмінію	72	8	44	36	52
Насичена густина, г/см <sup>3</sup>	0,9	1,1	0,9	0,9	0,8
Міцність г/мм	1,2	1,5	2,4	1,5	2,2
Гранична поверхня м <sup>2</sup> /г	150	77	190	190	240
Граничний об'єм пор см <sup>3</sup> /г	0,36	0,24	0,34	0,40	0,38
Середній радіус пор, А	60	61	38	42	35

Характеристики деяких, що розщеплюють каталізаторів (II стадія) наведено в табл. 1.2. З метою зниження дифузійних ефектів більшість каталізаторів випускається у вигляді екструдатів або мілкосферичних з розміром часток 1-2 мм.

Для підвищення швидкості процесу і захисту розщеплюючих каталізаторів від впливу отрут, що містяться в сировині, використовують на попередній стадії гідрокрекінгу гідруючі каталізатори, що відрізняються високою активністю в реакціях гідрогенолізу гетероорганічних з'єднань і гідрування поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Характеристики окремих каталізаторів гідрооблагородження сировини гідрокрекінгу (I стадія) подано в табл. 1.2.

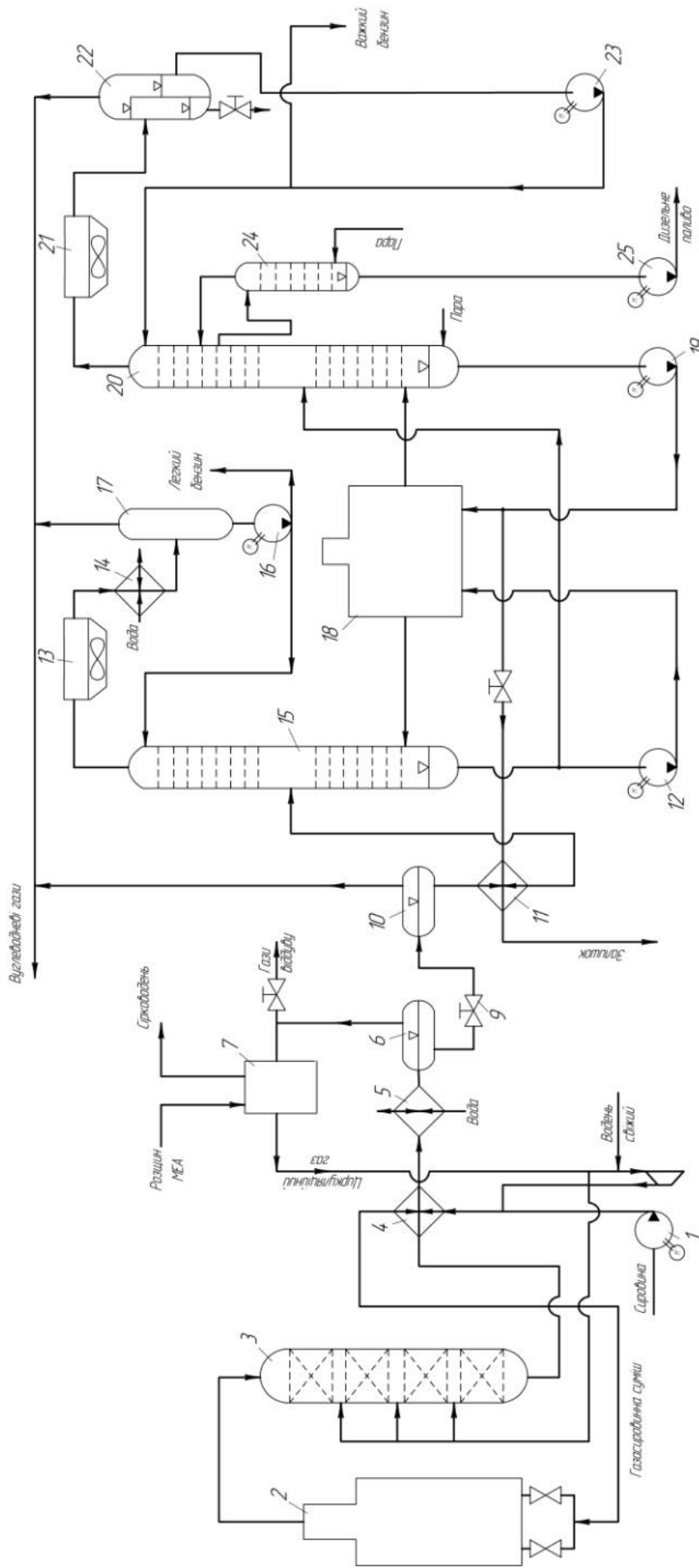
### 1.3 Опис технологічного процесу

Технологічна схема одноступінчастого гідрокрекінгу з одержанням переважно дизельного палива з вакуумного газойля в стаціонарному шарі каталізатора наведена на рис. 1.1. Сировина, що подається насосом 1, змішується зі свіжим воднево-вмісним газом і циркуляційним газом, які нагнітаються компресором 8. Газосировинна суміш, пройшовши теплообмінник 4 і змішувачі печі 2, нагрівається до температури реакції й вводиться в реактор 3 зверху. Враховуючи велике тепловиділення в процесі гідрокрекінгу, в реактор у зони між шарами каталізатора вводять холодний воднево-вмісний (циркуляційний) газ із метою вирівнювання температур по висоті реактора.

Вихідна з реактора суміш продуктів реакції й циркуляційного газу проохолоджується в теплообміннику 4, холодильнику 5 і надходить в сепаратор високого тиску 6. Отут воднево-вмісний газ відділяється від рідини, яка з низу сепаратора через редуційний клапан 9 надходить далі в сепаратор низького тиску 10. У сепараторі 10 виділяється частина вуглеводневих газів, а рідкий потік направляється в теплообмінник 11, розташований перед проміжною ректифікаційною колоною 15. У колоні при невеликому надлишковому тиску виділяються вуглеводневий газ й легкий бензин.

Бензин частково вертається в колону 15 у вигляді гострого зрошення, а балансова його кількість через систему «защелачивания» відкачується з установки. Залишок колони 15 розділяється в атмосферній колоні на важкий бензин, дизельне паливо й фракцію > 360 °С.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



9, 12, 16, 19, 23, 25 - насоси; 2, 18 - трубчасті печі; 3 - реактор; 4.11 - теплообмінники; 5, 14 - водяні конденсатори-холодильники; 1, 10, 17, 22 - сепаратори; 7 - блок очищення від сірководню; 8 - компресор; 9 - редукційний клапан; 13, 21 - апарати повітряного охолодження; 15, 20 - ректифікаційні колони; 24 - відпарні колони

Рисунок 1.1 - Технологічна схема установки одноступінчастого гідрокрекінгу вакуумного газолію

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

Бензин атмосферної колони змішується з бензином проміжної колони й виводиться з установки. Дизельне паливо після відпарної колони 24 прохолоджується, «защелачивається» і відкачується з установки. Фракція >360 °С використовується у вигляді гарячого потоку внизу колони 20, а інша частина (залишок) виводиться з установки. У випадку виробництва масляних фракцій блок фракціонування має також вакуумну колону.

Водневовмісний газ зазнає очищення водняним розчином моноетаноламіну й вертається в систему. Необхідна концентрація водню в циркуляційному газі забезпечується подачею свіжого водню (наприклад, з установки каталітичного риформінгу).

Регенерація каталізатора проводиться сумішшю повітря й інертного газу; термін служби каталізатора 4 - 7 міс.

Таблиця 1.3 - Режим процесу гідрокрекінгу

Температура, °С	
І ступінь	420-430
ІІ ступінь	450-480
Тиск, МПа	15-20
Об'ємна швидкість подачі сировини, рік <sup>-1</sup>	До 1,5
Кратність циркуляції водовмісного газу, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> сировини	До 2000
Витрата водню, % (мас.) на сировину	1,2-4,0

## 1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання

### 1.4.1 Теплообмінна апаратура

На установках гідрокрекінгу застосовуються теплообмінні апарати кожухотрубчатого типу. Оскільки по трубках йдуть гарячі продукти з реактора, їх виготовляють із високолегованих аустенітних сталей. Корпус теплообмінника виготовляється з хромомолібденової сталі з внутрішньою плакіровкою його

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

аустенітними сталями. Для охолодження і конденсації використовуються в основному апарати повітряного охолодження.

### 1.4.2 Реактори

Реактори гідрокрекінгу мають діаметр до 4 м, висотою до 30 м і масу до 500 т. Корпус зазвичай в багатошаровому гарячому виконанні, рулонований або зібраний з окремих обичайок. В окремих випадках застосовуються монолітні апарати з внутрішнім плакуючим покриттям з нержавіючої сталі для запобігання сірководневої корозії.

Внутрішній простір реактора розділений колосниковими ґратами на декілька секцій, куди завантажуються каталізатор.

Над кожним шаром каталізатора розміщується контактний-розподільний пристрій для змішування реагуючого потоку з холодним водневмісним газом, його охолодження і подальшого рівномірного розподілу.

Газосировинна суміш надходить в реактор через верхній штуцер, розподіляється над шаром каталізатора і послідовно рухається через всі секції. Продукти реакції виводяться через нижній штуцер.

У верхній частині реактора необхідно передбачати фільтруючий пристрій для уловлювання продуктів корозії і механічних домішок щоб уникнути зростання перепаду тиску і засмічення шару каталізатора.

Реакторний блок - двохпоточний. Кожен з паралельних потоків має самостійну систему циркуляції водневмісного газу, що дозволяє підтримувати в кожному реакторі оптимальні температуру і парціальний тиск водню в залежності від стану каталізатора в даному реакторі, а також переробляти окремо сировину двох видів. Кожен з двох потоків реакційної суміші проходить зверху вниз чотири зони відповідного реактора першої ступені, заповнені алюмокобальтмолібденовим каталізатором. В реакторах першої ступені відбуваються відділення сірки, азоту і значна деструкція сировини.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.4.3 Печі

Печі на установках гідрокрекінгу використовують для нагріву сировини, водневмісного газу або суміші сировини з водневмісним газом. Конструктивно печі розрізняють по розташуванню труб - вертикальному або горизонтальному. Печі можуть бути циліндричні і коробчаті, з екраном двостороннього опромінення. Використовують однорядний і дворядний екрани. Однорядний екран краще, але для його реалізації необхідні крутовигнуті коліна димарів, які працюють за певних жорстких умов та відповідно високих тисків, температур та агресивних середовищ.

### 1.4.4 Компресори

Компресори на установках гідрокрекінгу використовують для циркуляції водневмісного газу і підживлення свіжого водню. Водень підживлюють зазвичай поршневым компресором, оскільки для цього необхідна висока ступінь стиснення. Оскільки поршневі компресори не дуже надійні в експлуатації, встановлюють два і навіть три компресора з тим, щоб один міг бути на постійному профілактичному ремонті.

## 1.5 Вибір і обґрунтування параметрів управління

### 1.5.1 Температура

Оптимальний інтервал температур для процесів гідрокрекінгу становить 360...440 °С з поступовим підвищенням їх від нижньої межі до верхньої у міру падіння активності каталізатора. При більш низькій температурі реакції крекінгу протікають з малою швидкістю, але при цьому більш сприятливий хімічний склад продуктів: більший вміст нафтенів і співвідношення ізопарафін до н-парафін. Надмірне підвищення температури обмежується термодинамічними факторами (реакцій гідрування поліциклічних ароматичних сполук) і посиленням ролі реакцій газо- і коксоутворення.

Тепловий ефект гідрокрекінгу визначається співвідношенням реакцій гідрування і розщеплення. Звичайно негативний тепловий ефект розщеплення

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перекривається позитивним тепловим ефектом гідрування. Природно, екзотермічний тепловий ефект сумарного процесу тим більше, чим вище глибина гідрокрекінгу. Тому при його апаратурному оформленні зазвичай передбачається можливість відведення надлишкового тепла із зони реакції.

Щоб не допустити перегріву реакційної суміші. При використанні реакторів зі стаціонарним каталізатором останній насипають декількома шарами так, щоб між ними можна було здійснити охолодження потоку (зазвичай частиною холодного водневмісного газу).

### 1.5.2 Тиск

Встановлено, що стадією, що лімітує сумарний процес гідрокрекінгу є гідрування ненасичених сполук сировини, особливо поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Тому каталізатори глибокого гідрокрекінгу повинні володіти крім високої кислотної активності і достатньою гідруючою активністю.

На швидкість реакцій гідрування істотний вплив має фазовий стан реакційної суміші, яке є функцією від тиску, температури, концентрації водню, глибини конверсії і фракційного складу вихідної сировини. В цілому на каталізаторах гідруючого типу з підвищенням тиску зростають як швидкість реакцій, так і глибина гідрокрекінгу. Мінімально припустимий тиск тим вище, чим менш активний каталізатор і чим важча сировина гідрокрекінгу.

На каталізаторах з високою кислотною і низькою гідруючою активністю швидкість гідрокрекінгу сировини залежить від тиску більш складно. При невисоких тисках концентрація водню на поверхні каталізатора мала і частина його кислотних центрів не бере участь в іонному циклі в результаті дезактивації коксом.

З іншого боку, при надмірному підвищення тиску зростає концентрація водню не тільки на металевих (гідруючих), але і кислотних центрах каталізатора внаслідок спіловеру водню, в результаті гальмується стадія ініціювання карбкатионного циклу через утворення олефінів. Накладення цих двох чинників може призвести до наявності максимуму швидкості реакцій як функції тиску.

Більшість промислових установок гідрокрекінгу працює під тиском 15...17

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МПа. Для гідрокрекінгу нафтових залишків з використанням відносно дорогих каталізаторів застосовують тиск 20 МПа. Гідрокрекінг прямогонних легких газойлів з низьким вмістом азоту можна проводити при відносно низькому тиску - близько 7 МПа.

### **1.5.3 Об'ємна швидкість подачі сировини**

Об'ємна швидкість подачі сировини при гідрокрекінгу внаслідок переваги проведення процесу при мінімальній температурі зазвичай низька (0,2...0,5 год<sup>-1</sup>). При веденні процесу в режимі м'якого гідрокрекінгу вона вище і досягає до 1 год<sup>-1</sup>. Для підвищення конверсії сировини використовують рециркуляцію фракцій, википаючих вище цільового продукту.

### **1.5.4 Кратність циркуляції водневмісного газу**

Кратність циркуляції водневмісного газу по відношенню до перероблюємої сировини коливається залежно від призначення процесу в межах 800...2000 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Витрата водню залежить від призначення процесу, використовуваної сировини, каталізатора, режиму процесу, глибини гідрокрекінгу та інших факторів. Чим легше продукти гідрокрекінгу і важче гідрокрекуюча сировина, тим більше витрата водню і тим вище повинно бути співвідношення водень до сировини.

### **Висновок до розділу**

В даному розділі було проаналізовано технологічний процес одноступінчастого гідрокрекінгу вакуумного газойлю.

Наявність установки гідрокрекінгу дозволяє перемикає потужності НПЗ з випуску великої кількості бензину (коли установка гідрокрекінгу працює) на випуск великих кількостей дизельного палива (коли вона відключена).

Гідрокрекінг підвищує якість компонентів бензину і дистилятів.

В процесі гідрокрекінгу використовуються гірші компоненти дистиляту проте процес видає компонент бензину вище середньої якості.

В процесі гідрокрекінгу утворюються значні кількості ізобутану, що

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виявляється корисним для управління кількістю сировини в процесі алкілування.

Використання установок гідрокрекінгу дає збільшення обсягу продуктів на 25%.

В даний час широко використовується близько 10 різних типів установок гідрокрекінгу, але всі вони дуже схожі на типову конструкцію.

Каталізатори гідрокрекінгу менш дорогі, ніж каталізатори каталітичного крекінгу.

Також було здійснено аналіз існуючого технологічного обладнання та визначено основні параметри управління.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

### 2.1 Структурна схема об'єкта керування

Моделювання - це опис певного об'єкта. В галузі систем керування об'єктами моделювання є відповідно технологічні об'єкти, системи і процеси керування ними, а також їх складові частини.

Моделювання можна розглядати як відображення об'єкта на множину його описів. Найчастіше модель свідомо будують як спрощений опис об'єкта для полегшення його дослідження. Це не дивно, адже природні об'єкти характеризуються безліччю показників, більшість з яких є несуттєвими з точки зору мети моделювання. Так, наприклад, при моделюванні системи керування несуттєвими характеристиками є колір, рівень шуму тощо. В результаті між моделлю та об'єктом немає повної відповідності.

Отже, задачу моделювання можна сформулювати таким чином: необхідно для заданого об'єкта підібрати такий опис, який у достатньо повній мірі відображав би оригінал з точки зору заданої мети моделювання.

Якщо об'єктом моделювання є система керування технологічним об'єктом, головним призначенням якої є приведення об'єкта керування до заданого стану, то модель повинна відображати залежність стану об'єкта від завдання з врахуванням структурних характеристик і параметрів системи. У найпростішому вигляді це відображає рисунок 2.1.

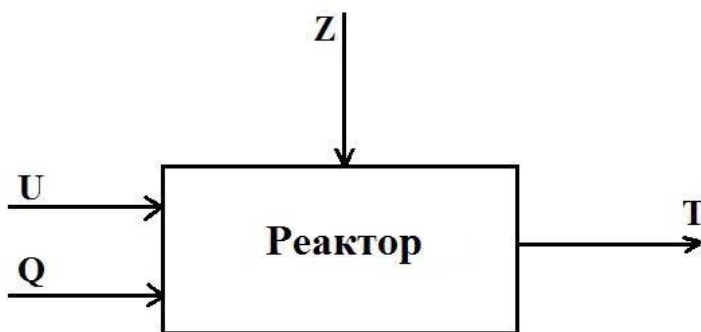


Рисунок 2.1 - Спрощена схема об'єкту моделювання

Стосовно реактора, то керуючими параметрами є положення регулюючого

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

органу  $U$  та витрата водню  $Q$  у % (мас.) яку ми подаємо на вхід реактора. Основним регульованим параметром є температура в реакторі  $T$ . На даний об'єкт діє також низка збурюючих чинників  $Z$  серед яких тиск в реакторі тощо.

Модель, як і будь-який предмет діяльності людини, проходить певний цикл свого існування, який звичайно називають «життєвим циклом». Життєвий цикл моделі містить етапи:

- вибір виду (класу) моделі, який найбільше відповідає меті моделювання;
- ідентифікація (identification) об'єкта моделювання, тобто встановлення однозначної відповідності між моделями вибраного виду (класу) і конкретним об'єктом моделювання;
- отримання результатів моделювання, тобто виконання тих математичних (логічних, функціональних та інших) перетворень, які містяться у моделі;
- використання результатів моделювання для розв'язування задач проектування, прогнозування, керування технологічними об'єктами.

Кожен з цих етапів є істотним для досягнення мети моделювання, але ми виділимо з них найскладніший, а саме етап ідентифікації. Адже в результаті саме цього етапу фактично отримується модель, яка і дає можливість досягти мети моделювання. Але не тільки результати ідентифікації визначають виконання інших етапів. Життєвий цикл моделі не дарма називається «циклом». Під час виконання кожного етапу можуть виникнути обставини, які змусять повернутися до попередніх етапів і внести певні корективи.

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

Функціональна схема АСК температури в реакторі за основним та необхідним для каскадного регулювання допоміжним каналами зображена на рисунку 2.2.

Як допоміжний контур регулювання вибираємо витрату водню, %(мас) на сировину.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

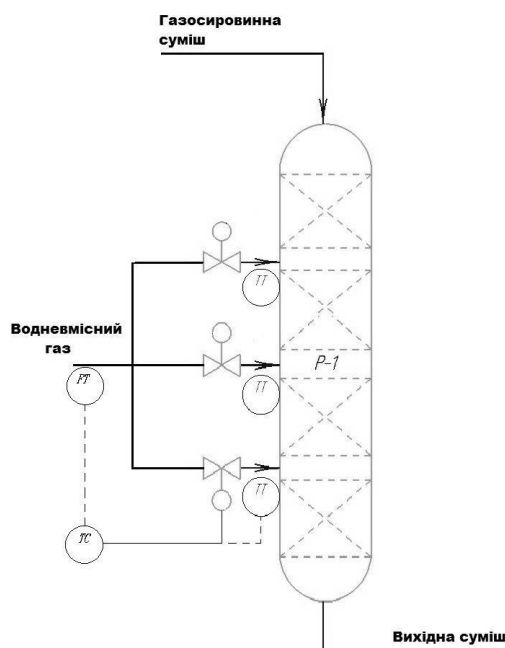


Рисунок 2.2 - Спрощена функціональна схема реактора при використанні одноконтурної (каскадної) АСК регулювання температури

Складовими елементами такої системи є:

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

Для проведення експерименту вибираємо прилади з високим класом точності, швидкодією та надійністю.

### 2.3 Результати експерименту

Експериментальні методи ідентифікації об'єктів поділяються на активні і пасивні. При активних методах у процесі експерименту на вхід об'єкта подаються спеціальні впливи і фіксується реакція об'єкта на ці впливи. Пасивні методи, навпаки, використовують тільки поточну інформацію про об'єкт, отриману в режимі його нормального функціонування.

За допомогою пасивного методу будемо криву по кожному каналу регулювання.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати основного каналу регулювання приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Результати основного каналу регулювання

t, c	U	T, °C	t,c	U	T,°C
0	0	200	220	100	405
20	0	200	240	100	420
40	100	215	260	100	435
60	100	230	280	100	440
80	100	250	300	100	445
100	100	275	320	100	448
120	100	300	340	100	450
140	100	325	360	100	450
160	100	350	380	100	450
180	100	370	400	100	450
200	100	390			

Результати допоміжного каналу автоматичного регулювання відображені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Результати допоміжного каналу регулювання

t,c	U	Q,%(мас)	t,c	U	Q,%(мас)
0	0	1,2	220	100	3.9
20	100	1,6	240	100	3,95
40	100	1,9	260	100	4
60	100	2,2	280	100	4
80	100	2,5	300	100	4
100	100	2,7	320	100	4
120	100	3	340	100	4
140	100	3,2	360	100	4
160	100	3,4	380	100	4
180	100	3,6	400	100	4
200	100	3,8			

## 2.4 Обробка результатів експерименту

За допомогою даних представлених у таблиці 2.1 виконаємо побудову перехідної характеристики за основним каналом автоматичного регулювання, а результат відобразимо на рисунку 2.3.

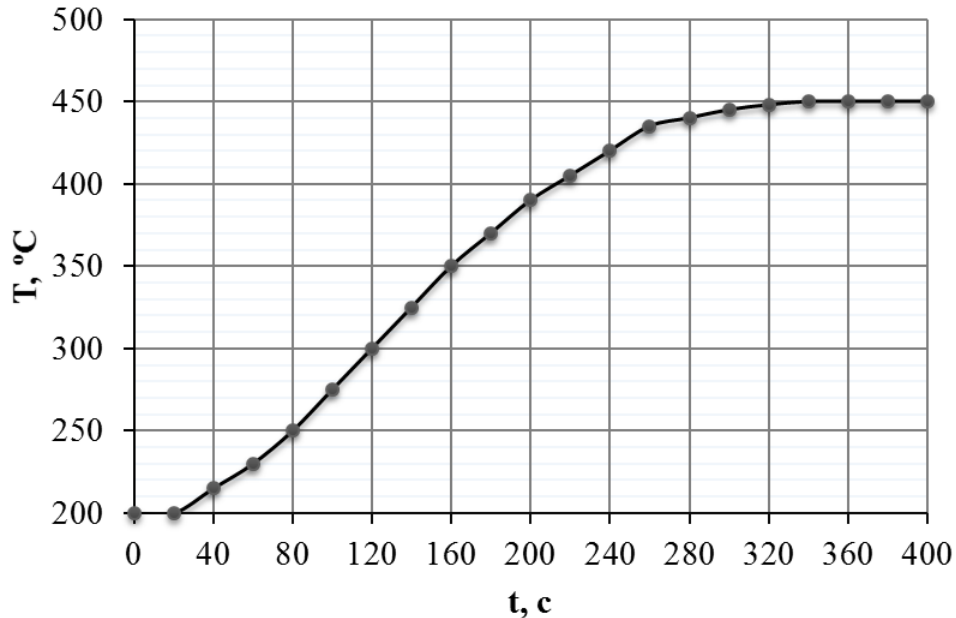


Рисунок 2.3 – Експериментальна перехідні характеристика основного каналу автоматичного регулювання

Для дальшого дослідження об'єкта переведемо дані таблиці 2.1 до безрозмірних величин згідно наступних формул:

$$X_{exi}^* = \frac{X_{exi} - X_{ex0}}{X_{exmax} - X_{ex0}}, \quad Y_{vixi}^* = \frac{Y_{vixi} - Y_{vix0}}{Y_{vixmax} - Y_{vix0}}, \quad (2.1)$$

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

$X_{ex0}$ ,  $Y_{vix0}$  - значення вхідних вихідних величин в розмірних одиницях до моменту нанесення збурення на керований об'єкт (КО);

$X_{exmax}$  - максимальне значення вхідної величини в розмірних одиницях;

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

Згідно даних формул отримаємо такі значення приведені до безрозмірних величин (табл..2.3):

$$x_{ex} = 1;$$

$$y_{вих0} = \frac{200 - 200}{450 - 200} = 0;$$

$$y_{вих1} = \frac{200 - 200}{450 - 200} = 0;$$

$$y_{вих2} = \frac{215 - 200}{450 - 200} = 0.06;$$

$$y_{вих3} = \frac{230 - 200}{450 - 200} = 0.12;$$

$$y_{вих4} = \frac{250 - 200}{450 - 200} = 0.2;$$

$$y_{вих5} = \frac{275 - 200}{450 - 200} = 0.3;$$

$$y_{вих6} = \frac{300 - 200}{450 - 200} = 0.4;$$

$$y_{вих7} = \frac{325 - 200}{450 - 200} = 0.5;$$

$$y_{вих8} = \frac{350 - 200}{450 - 200} = 0.6;$$

$$y_{вих9} = \frac{370 - 200}{450 - 200} = 0.68;$$

$$y_{вих10} = \frac{390 - 200}{450 - 200} = 0.76;$$

$$y_{вих11} = \frac{450 - 200}{450 - 200} = 0.82;$$

$$y_{вих12} = \frac{420 - 200}{450 - 200} = 0.88;$$

$$y_{вих13} = \frac{435 - 200}{450 - 200} = 0.94;$$

$$y_{вих14} = \frac{440 - 200}{450 - 200} = 0.96;$$

$$y_{вих15} = \frac{445 - 200}{450 - 200} = 0.98;$$

$$y_{вих16} = \frac{448 - 200}{450 - 200} = 0.99;$$

$$y_{вих17-20} = \frac{450 - 200}{450 - 200} = 1.$$

Таблиця 2.3 – Результат проведеного експерименту за основним каналом автоматичного регулювання приведені до безрозмірних величин

$t, c$	$x_{ex}$	$y_{вих}$	$t, c$	$x_{ex}$	$y_{вих}$
0	0	0	220	1	0.82
20	0	0	240	1	0.88
40	1	0.06	260	1	0.94
60	1	0.12	280	1	0.96
80	1	0.2	300	1	0.98
100	1	0.3	320	1	0.99
120	1	0.4	340	1	1
140	1	0.5	360	1	1
160	1	0.6	380	1	1
180	1	0.68	400	1	1
200	1	0.76			

Згідно таблиці 2.3 здійснимо побудуємо експериментально отриманої перехідної характеристики у безрозмірних величинах котру відобразимо на рисунку 2.4

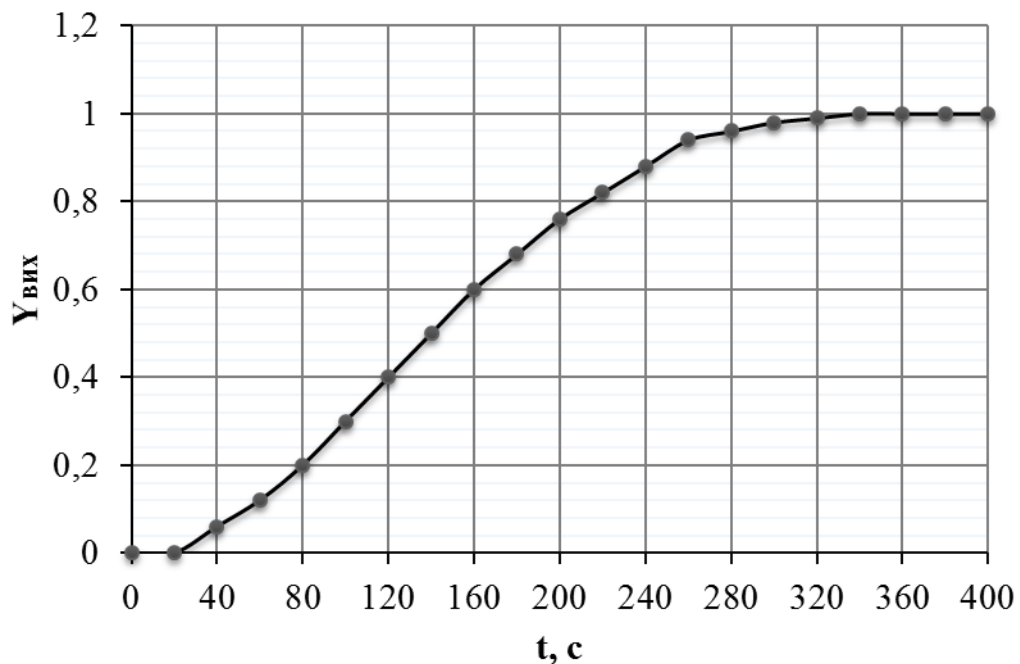


Рисунок 2.4 - Експериментальна перехідна характеристика по основному каналу регулювання приведена до безрозмірної величини

Проведемо апроксимацію експериментальної перехідної характеристики за допомогою програмного програму Аргох, а отримані результати апроксимації відобразимо у додатку А1.

Отримана передавальна функція має вигляд:

$$W(p) = \frac{1}{171872.41p^3 + 8167.271p^2 + 146.266p + 1} \quad (2.2)$$

Максимальна похибка апроксимації становить 2,2%, що задовольняє умови, так як максимально допустима похибка може складати 2,5%. Тобто функція може використовуватися у подальших розрахунках.

Аналогічно апроксимуємо іншу криву. Користуючись даними таблиці 2.2 виконаємо побудову експериментальної перехідної характеристики по допоміжному каналу автоматичного регулювання котру зобразимо на рисунку 2.5.

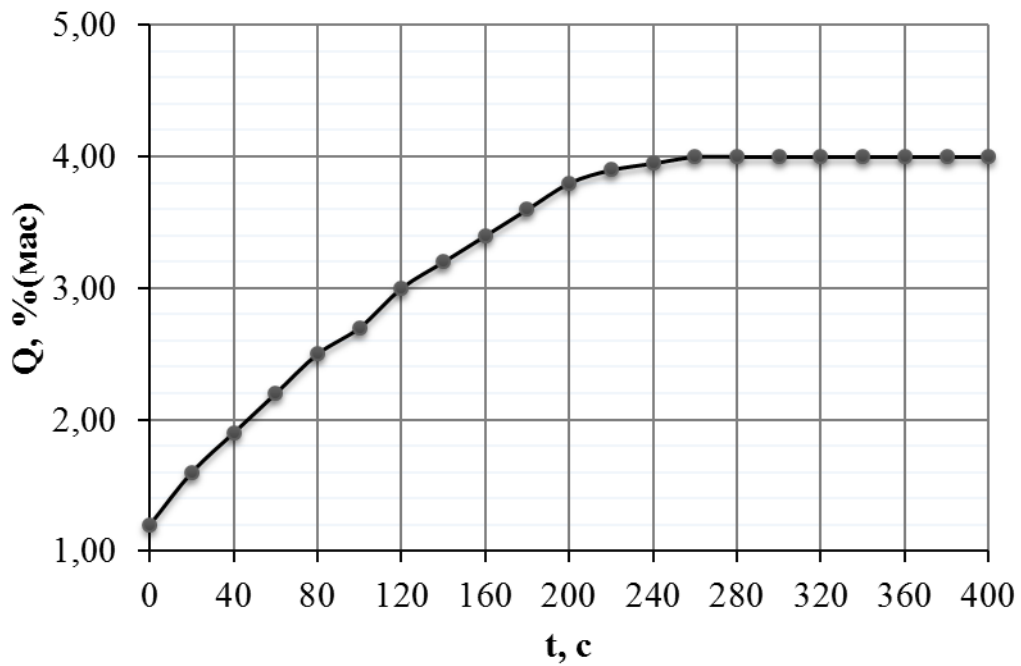


Рисунок 2.5 - Експериментальна перехідні характеристика допоміжного каналу автоматичного регулювання

Виконаємо перехід до безрозмірних одиниць за допомогою формул 2.1.

Результати обчислень зводимо в таблицю 2.4.

$$y_{вих0} = \frac{1,2 - 1,2}{4 - 1,2} = 0;$$

$$y_{вих1} = \frac{1,6 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,061;$$

$$y_{вих2} = \frac{1,9 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,191;$$

$$y_{вих3} = \frac{2,2 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,339;$$

$$y_{вих4} = \frac{2,5 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,479;$$

$$y_{вих5} = \frac{2,7 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,6;$$

$$y_{вих6} = \frac{3 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,7;$$

$$y_{вих7} = \frac{3,2 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,78;$$

$$y_{вих8} = \frac{3,4 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,84;$$

$$y_{вих9} = \frac{3,6 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,886;$$

$$y_{вих10} = \frac{3,8 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,91;$$

$$y_{вих11} = \frac{3,9 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,95;$$

$$y_{вих12} = \frac{3,95 - 1,2}{4 - 1,2} = 0,96;$$

$$y_{вих13-20} = \frac{4 - 1,2}{4 - 1,2} = 1.$$

Таблиця 2.4 - Результати експерименту по допоміжному каналу в безрозмірних одиницях

$t, c$	$x_{ex}$	$y_{вих}$	$t, c$	$x_{ex}$	$y_{вих}$
0	0	0	220	1	0,95
20	1	0,061	240	1	0,96
40	1	0,191	260	1	1
60	1	0,339	280	1	1
80	1	0,479	300	1	1
100	1	0,6	320	1	1
120	1	0,7	340	1	1
140	1	0,78	360	1	1
160	1	0,84	380	1	1
180	1	0,886	400	1	1
200	1	0,91			

Відповідно до даних представлених у таблиці 2.4 виконаємо побудову експериментальної перехідної характеристики у безрозмірних одиницях котру відобразимо на рисунку 2.6.

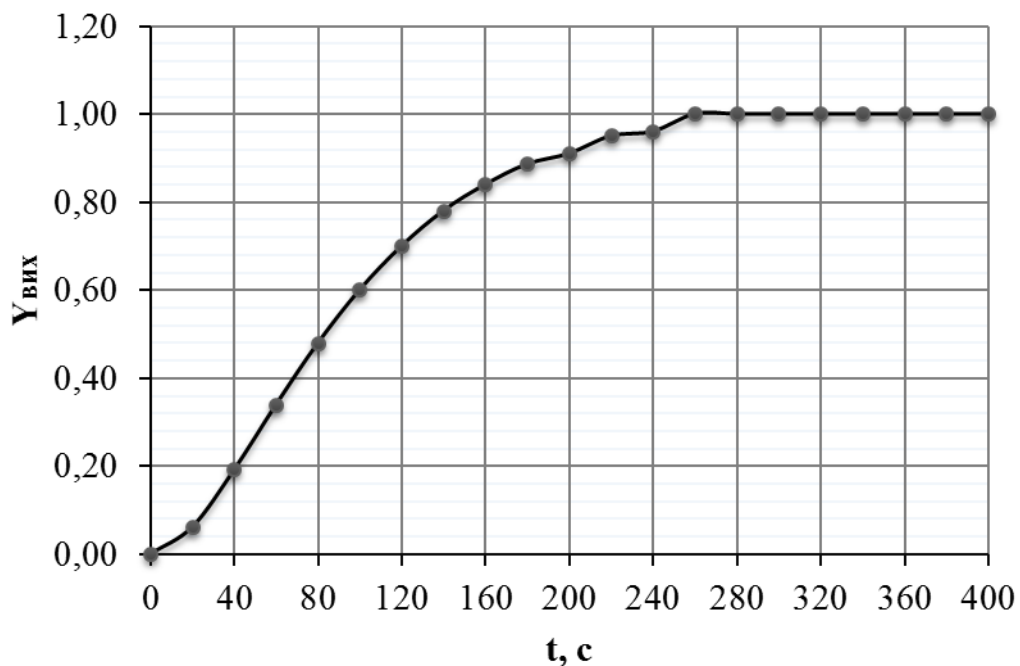


Рисунок 2.6 – Експериментально отримана перехідна характеристика за допоміжним каналом регулювання, котра приведена до безрозмірної величини

Проведемо апроксимацію експериментальної перехідної характеристики за допомогою програмного програму Апрох, а отримані результати апроксимації відобразимо у додатку А2.

$$W(p) = \frac{1}{2721,838p^2 + 95,84p + 1} \quad (2.3)$$

У даному випадку похибка апроксимації становить 1.9%, що у повній мірі задовольняє поставлені умови а тоді є очевидним, що визначена функція передачі може використовуватись у всіх подальших розрахунках.

### **Висновки до розділу**

Виконано математичний опис досліджуваного об'єкта керування, а також визначені деякі основні параметри котрі суттєво впливають на перебіг усього технологічного процесу та від котрих суттєво залежить якість кінцевого продукту.

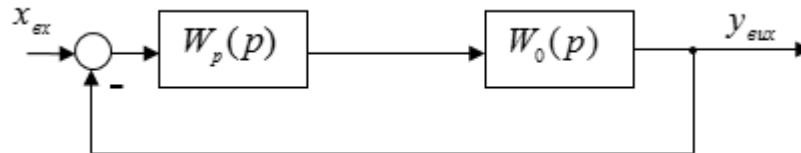
На основі пасивного експерименту були визначені необхідні для дослідження перехідні характеристики основного а також малоінерційного допоміжного каналу автоматичного регулювання.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Розрахунок налаштування одноконтурної АСК

На рисунку 3.1 показано спрощену функціональну схему при використанні одноконтурної АСК.



$W_p(p)$  - передавальна функція регулятора;  $W_o(p)$  - передавальна функція керованого об'єкту

Рисунок 3.1 - Алгоритмічна структура одноконтурної САК

Досліджуваний об'єкт являється об'єктом який володіє самовирівнюванням, котрий зазвичай працює за повного навантаження. Щоб забезпечити деякі потрібні показники якості системи регулювання і відповідно із метою забезпечення забезпечення певної якості перехідного процесу та з метою підвищення стійкості системи автоматичного керування виберемо ПІ – закон автоматичного регулювання.

Функція передачі об'єкту:

$$W(p) = \frac{1}{171872.41p^3 + 8167.271p^2 + 146.266p + 1} \quad (3.1)$$

Аналіз АСК проводимо в програмному пакеті Matlab.

Задаємо передавальну функцію  $w1(s)$  об'єкта:  $W1=tf([1],[171872.41 8167.271 146.266 1])$ .

Задаємо параметри ПІ-регулятора, який функціонує в АСК.

Визначення деяких оптимальних параметрів автоматичного регулювання здійснюємо за допомогою вбудованої в MATLAB функції. Згідно з додатком Б1 отримаємо:

$$K_p = C_1 = 0.5544, K_i = C_0 = 0.005992.$$

Формуємо передавальну функцію регулятора:  $wr=tf([0.5544 0.005992],[1 0])$ .

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Отже:

$$\frac{0.5544 s + 0.005992}{s} \quad (3.2)$$

Знаходимо передавальну функцію розімкненої АСК.  $wsp=W1*wp$ :

$$\frac{0.5544 s + 0.005992}{1.719e05 s^4 + 8167 s^3 + 146.3 s^2 + s} \quad (3.3)$$

Знаходимо передавальну функцію замкненої АСК.  $wwzg=feedback(wsp,1,-1)$ :

$$\frac{0.5544 s + 0.005992}{1.719e05 s^4 + 8167 s^3 + 146.3 s^2 + 1.554 s + 0.005992} \quad (3.4)$$

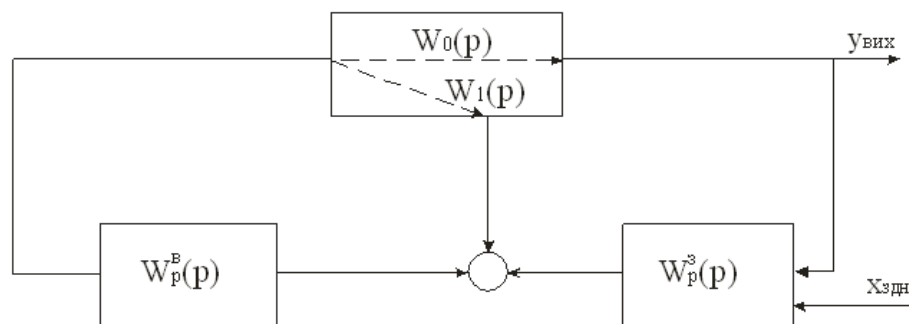
Отже як бачимо передавальна функція замкнутої АСК має вигляд:

$$W_{зам}(p) = \frac{0.5544p + 0.005992}{1.719 \cdot 10^5 p^4 + 8167 p^3 + 146.3 p^2 + 1.554 p + 0.005992}$$

### 3.2 Розрахунок параметрів каскадної АСК

Додамо до основного контуру автоматичного регулювання ще допоміжний контур автоматичного регулювання, який являється малоінерційним. Таким являється контур регулювання витрати водню у %(мас.) на сировину. Вище приведені передавальні функції по основному і допоміжному каналах.

На рисунку 3.2 приведена структурна алгоритмічна схема каскадної АСК.



$W_1(p)$  - функція допоміжного каналу регулювання;  $W_0(p)$  - функція основного каналу регулювання;  $W_p^B(p)$  - функція внутрішнього регулятора;

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

Рисунок 3.2 - Алгоритмічна структура каскадної САК

Розрахунок каскадної АСК починаємо з основного регулятора функція передачі якого має такий вигляд:

$$W_e'(p) = \frac{W_p^e(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_p^e(p)} W_0(p), \quad (3.5)$$

де  $W_0(p)$  - передавальна функція по основному каналу регулювання:

$$W_0(p) = \frac{1}{171872.41p^3 + 8167.271p^2 + 146.266p + 1}$$

$W_1(p)$  - передавальна функція по допоміжному каналу регулювання:

$$W_1(p) = \frac{1}{2721,838p^2 + 95,84p + 1}.$$

Висунимо припущення, що поточна частота для контуру автоматичного регулювання, який є основним  $W_p'$  являється відчутно меншою за потрібну робочу частоту для допоміжного контуру автоматичного регулювання  $W_p''$ . У такому випадку при  $W = W_p'$  справедливою виступатиме нерівність:

$$\frac{1}{(W_p^e(j\omega))} \ll (W_1(j\omega)). \quad (3.6)$$

З урахуванням (3.6) можемо записати, що  $W_e' = \frac{W_0(p)}{W_1(p)}$ . Підклавши значення

$W_0(p)$  і  $W_1(p)$ , отримаємо:

$$\begin{aligned} W_e'(p) &= \frac{\frac{1}{171872.41p^3 + 8167.271p^2 + 146.266p + 1}}{\frac{1}{2721,838p^2 + 95,84p + 1}} = \\ &= \frac{2721,838p^2 + 95,84p + 1}{171872.41p^3 + 8167.271p^2 + 146.266p + 1}. \end{aligned}$$

Наступні розрахунки проведемо у середовищі Matlab.

Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регулятора здійснимо за допомогою вбудованої в MATLAB функції Tune.

Виберемо у якості основного регулятора ПІ - регулятор.

Користуючись результатами відображеними у додатку Б2 отримаємо

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_p = C_1 = 3.029, K_i = C_0 = 0.05019.$$

Передавальна функція основного регулятора матиме вигляд:

$$W_p^3(p) = \frac{3,029p+0,05019}{p}. \quad (3.7)$$

Виконаємо розрахунок допоміжного каналу автоматичного регулювання:

$$W_e''(p) = W_1(p) + W_0(p) \cdot W_p^3(p). \quad (3.8)$$

Підставляючи отримані значення отримаємо:

$$\begin{aligned} W_e''(p) &= \frac{1}{2721,838p^2 + 95,84p + 1} + \\ &+ \frac{1}{171872.41p^3 + 8167.271p^2 + 146.266p + 1} \cdot \frac{3,029p+0,05019}{p} = \\ &= \frac{171872.41p^4 + 16411.718302p^3 + 573.17440922p^2 + 8.8392096p + 0.05019}{4.678 \cdot 10^8 p^6 + 3.87 \cdot 10^7 p^5 + 1.35 \cdot 10^6 p^4 + 24907.24244p^3 + 242.106p^2 + p}. \end{aligned}$$

В якості допоміжного регулятора вибираємо ПІ-регулятор.

Згідно з додатком БЗ отримаємо  $K_p = C_1 = 462.4$ ,  $K_i = C_0 = 22.46$ .

Передавальна функція такого регулятора матиме такий вид:

$$W_p^6(p) = \frac{462.4p + 22.46}{p}.$$

Визначимо еквівалентну передавальну функцію для каскадної САК:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{W_p^3(p)W_0(p)W_p^6(p)}{W_p^3(p)W_0(p)W_p^6(p) + W_1(p)W_p^6(p) + 1}. \quad (3.9)$$

У рівняння (3.9) підставимо попередньо визначені передавальні функції  $W_p^3$ ,  $W_0$ ,  $W_1$ ,  $W_p^6$  а після спрощень отримаємо:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{3.81 \cdot 10^6 p^4 + 382572.73p^3 + 13213.21p^2 + 199.28p + 1.127}{4.678 \cdot 10^8 p^7 + 3.87 \cdot 10^7 p^6 + 8.08 \cdot 10^7 p^5 + 1,147 \cdot 10^7 p^4 + 633885.14p^3 + 16961.74p^2 + 221.74p + 1.127}.$$

### 3.3 Дослідження на стійкість одноконтурної АСР

Перевіримо систему на стійкість за допомогою критерію Ляпунова. Для досягнення стійкості лінійної автоматичної системи регулювання потрібно і достатньою умовою є та, щоб певні дійсні частинки усіх коренів досліджуваного

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ				

характеристичного рівняння системи являлися від'ємними.

Передавальна функція замкнутої системи керування:

$$W_{\text{зам}}(p) = \frac{0.5544p + 0.005992}{1.719 \cdot 10^5 p^4 + 8167p^3 + 146.3p^2 + 1.554p + 0.005992}$$

Характеристичне рівняння котре описує автоматичну систему має такий вигляд:

$$F(p) = 1.719 \cdot 10^5 p^4 + 8167p^3 + 146.3p^2 + 1.554p + 0.005992$$

Розв'яжемо дане рівняння, скориставшись програмою MathCAD:

$$\text{polyroots} \begin{pmatrix} 171900 \\ 8167 \\ 146.3 \\ 1.554 \\ 0.005992 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -147.541 \\ -38.014 \\ -36.895 - 61.268i \\ -36.895 + 61.268i \end{pmatrix}$$

Так як дійсні частини коренів характеристичного рівняння є від'ємними, то можна зробити висновок, що дана АСК є стійкою.

### 3.4 Дослідження на стійкість каскадної АСР

Перевіримо систему на стійкість за допомогою критерію Ляпунова. Для стійкості лінійної автоматичної системи керування необхідно і достатньою умовою є та, щоб певні дійсні частинки усіх коренів досліджуваного характеристичного рівняння системи являлися від'ємними.

Передавальна функція замкнутої системи керування:

$$W_{\text{зам}}(p) = \frac{3.81 \cdot 10^6 p^4 + 382572.73p^3 + 13213.21p^2 + 199.28p + 1.127}{4.678 \cdot 10^8 p^7 + 3.87 \cdot 10^7 p^6 + 8.08 \cdot 10^7 p^5 + 1,147 \cdot 10^7 p^4 + 633885.14p^3 + 16961.74p^2 + 221.74p + 1.127}$$

Виділимо з функції передачі характеристичне рівняння:

$$F(p) = 4.678 \cdot 10^8 p^7 + 3.87 \cdot 10^7 p^6 + 8.08 \cdot 10^7 p^5 + 1,147 \cdot 10^7 p^4 + 633885.14p^3 + 16961.74p^2 + 221.74p + 1.127$$

Розв'яжемо дане рівняння, скориставшись програмою MathCAD:

						Арк.
					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{polyroots} \begin{pmatrix} 4.678 \cdot 10^8 \\ 3.87 \cdot 10^7 \\ 8.08 \cdot 10^7 \\ 1.147 \cdot 10^7 \\ 633885.14 \\ 16961.74 \\ 221.74 \\ 1.127 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -68.301 \\ -41.008 - 15.884i \\ -41.008 + 15.884i \\ -24.835 \\ -21.947 \\ -0.173 - 2.395i \\ -0.173 + 2.395i \end{pmatrix}$$

Так як дійсні частини коренів характеристичного рівняння є від'ємними, то можна зробити висновок, що дана АСК є стійкою.

### 3.5 Оцінка якості керування за перехідними характеристиками

З метою якісної оцінки перехідного процесу виконаємо процес побудови перехідної характеристики для одноконтурної системи. Виконувати побудову ми будемо за допомогою програмного пакету Matlab і додатка Simulink (рис. 3.4).

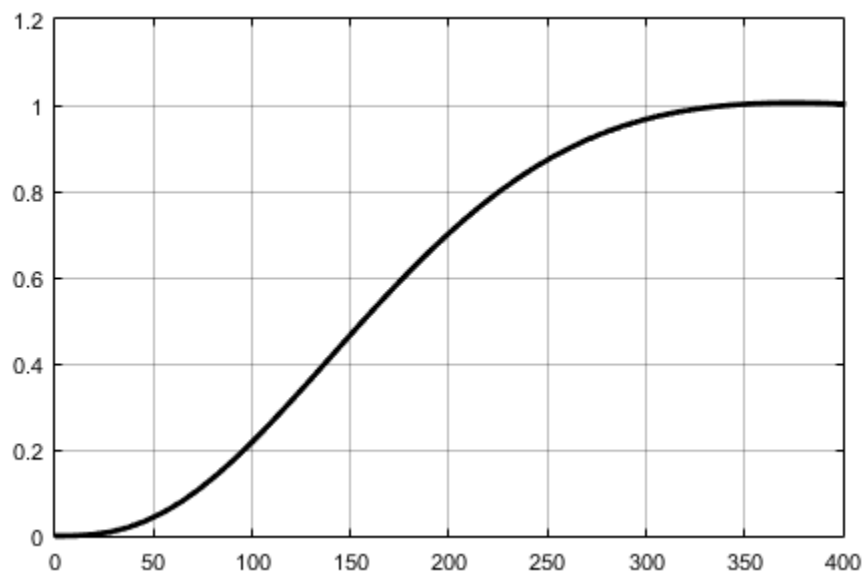
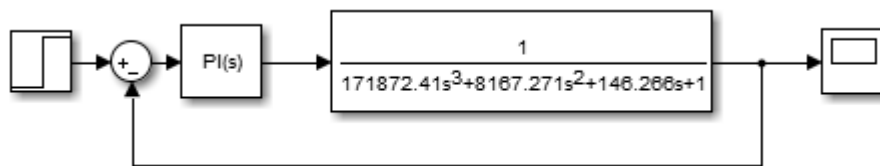


Рисунок 3.4 - Моделювання перехідної характеристики в Matlab

Згідно отриманої перехідної характеристики можемо визначити такі показники якості системи автоматичного регулювання:

- Час перехідного процесу - 330 секунд.
- Перерегулювання становить 0%.

Аналогічно будемо перехідну характеристику для каскадної системи. Дану побудову також виконуємо у програмному пакеті Matlab за допомогою додатка Simulink (рис 3.5).

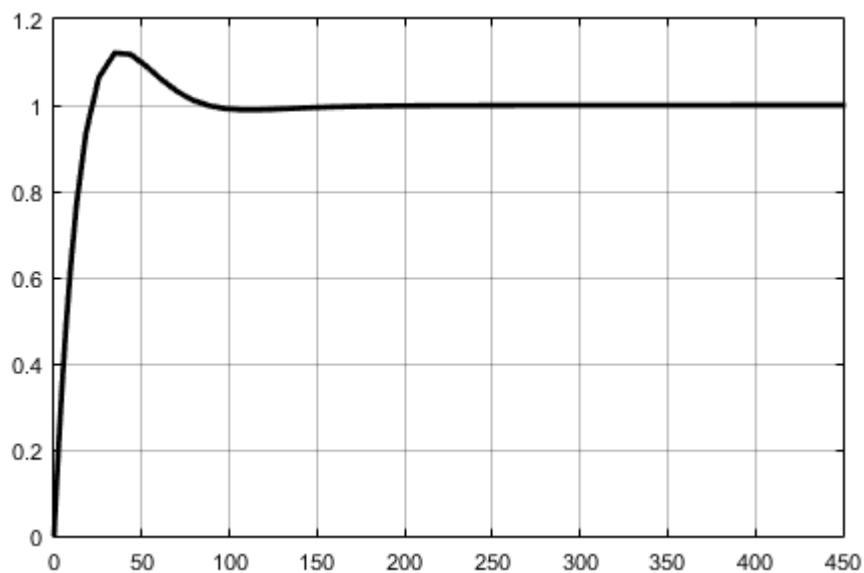
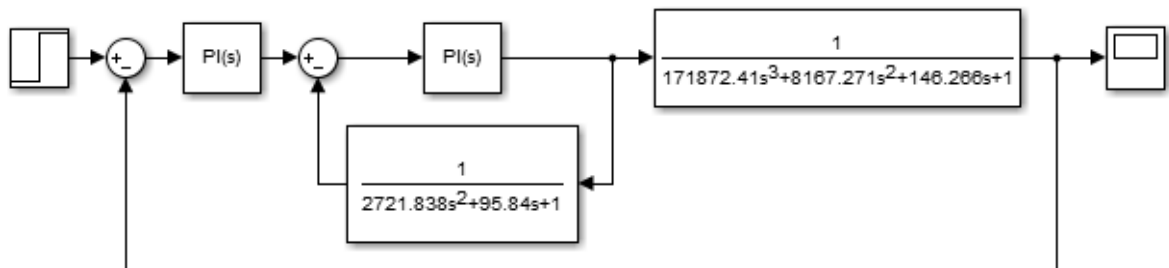


Рисунок 3.5 - Моделювання перехідної характеристики в Matlab

Згідно отриманої перехідної характеристики визначаємо показники якості системи автоматичного регулювання:

- Час перехідного процесу - 90 секунд.
- Перерегулювання становить 17%.

### Висновки до розділу

Проведено аналіз системи автоматичного керування в результаті чого була встановлена доцільність одноконтурної та каскадної систем керування.

Визначено параметри налаштування вибраних регуляторів як для

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

одноконтурної так і для каскадної систем автоматичного керування в програмному пакеті Matlab.

Було проведено аналіз стійкості системи керування за критерієм Ляпунова, який засвідчив стійкість усіх досліджених системкерування.

Визначено якісні показники за допомогою програмного продукту Matlab у якому були змодельовані системи автоматичного керування та їхні перехідні характеристики.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

## 4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

### 4.1 Розробка структурної схеми управління і контролю

У загальному структурна схема призначається для відображення цілої системи автоматичного контролю а також керування досліджуваними виробничими процесами а також встановлює певні зв'язки між задіяними пунктами керування, щитами, оперативними робочими постами задіяних основних груп технологічного обладнання а також відображає адміністративно-технічну суть централізованого керування об'єктом.

Найпоширенішими являються системи автоматичного управління які мають ієрархічну, або багаторівневу структуру. Ієрархією являється розташування деяких частин а також елементів у певному порядку від вищого до нижчого. У системах з такою структурою існує розділ функцій управління між органами а також підрозділами які мають різний рівень чи ранг. Задіяний керуючий орган певного рівня ієрархії керує кількома органами які розташовані на нижчому рівні, котрі перебувають у безпосередньому його підпорядкуванні, а також керується органом який розташований на вищому рівні.

Однією з найважливіших цінних властивостей ієрархічної системи управління є можливість розподілу функцій управління за рівнями системи, прийняття певних рішень стосовно поставлених завдань в наявних підрозділах різного рівня. Такі аспекти дають можливість зосередити процес розв'язання деяких стратегічних завдань безпосередньо на вищих рівнях управління, де таке розв'язання являється найбільш ефективним. Певні тактичні завдання дивлячись на рівень їхньої складності а також потрібних ресурсів можуть вирішуватись на нижчих рівнях, що відповідно забезпечує оперативність прийняття певних рішень, а також зазвичай вищу точність.

Для ієрархічної системи з розподілом функцій управління за рівнями характерна відома автономність окремих органів управління проміжних а також деяких нижчих рівнів.

Деякою іншою характерною особливістю задіяної ієрархічної системи

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

являється наявність певної спільної цілі для усієї системи а також певних окремих цілей для підсистем. Зазначені цілі не обов'язково збігаються, а деколи навіть суперечать одні одним чи навіть конкурують між собою.

Отож присутня реальна небезпека того, що певна підсистема, намагаючись досягти поставленої перед нею мети, може діяти всупереч спільній цілі системи.

Наявність загальних обмежень, що стає особливо помітною зі зниженням рівня керуючого органу, зумовлює взаємний вплив підсистем у процесі їхньої експлуатації. Вказані обмеження можуть мати вигляд деяких спільних ресурсів. Саме в зазначеному випадку посилення деякої активності однієї із підсистем призводить до зменшення деякої частки ресурсів іншої та відповідно навпаки. У вказаних випадках рішення повинен приймати орган управління вищого рівня, який забезпечуватиме інтереси усієї системи автоматичного керування, інакше ресурси будуть розподілені під впливом випадкових чинників або буде прийнято компромісне рішення.

#### **4.2 Вибір технічних засобів автоматизації нижнього рівня**

Контрольно-вимірювальні прилади температури, тиску, витрати та якісного складу вибрані в суворій відповідності із встановленими технологічними параметрами усієї установки. Процес вибору засобів вимірювання відбувається по границі вимірювання, класу точності та з дотриманням класу вибухобезпеки.

Проаналізувавши технологічний процес гідрокрекінгу, а також вимоги до параметрів контролю вибраних основних параметрів а також відповідно їхнє регулювання а також загальний рівень автоматизації досліджуваного виробництва виконуємо вибір технічних засобів автоматизації.

Увесь комплекс технічних засобів автоматизації включає у свій склад усі засоби отримання інформації про загальний стан технологічного процесу, засоби формування а також передачі інформації та виконавчі механізми.

Оскільки досліджувана установка вимагає особливих пожежо-вибухо небезпечних умов експлуатації технічних засобів автоматизації, то здійснимо вибір технічних засобів автоматизації із вибухозахищеними вхідними а також вихідними

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каналами, та з гальванічною розв'язкою по кожному каналу вимірювання. Кожен електричний сигнал, що слідує до операторної або з неї проходить бар'єр іскрозахисту. На наступному кроці проаналізуємо конкретні типи технічних засобів автоматизації, котрі вибрані з метою автоматизації розроблюваного технологічного процесу гідрокрекінгу.

З урахуванням того, що на досліджуваній установці контролюється цілий ряд однотипних параметрів технологічного процесу, тому в розроблювану систему приладів ТЗА, входять однотипні автоматичні пристрої. Такий підхід суттєво полегшує їх використання а також експлуатацію, налаштування і відповідно ремонт.

В процесі вибору ТЗА надаватимемо перевагу застосуванню автоматичних пристроїв, які випускаються серійно. Тобто у випадку великої кількості однакових параметрів застосовуватимемо однакові прилади.

Автоматизація установки гідрокрекінгу вимагає задіяння таких технічних засобів автоматизації:

- первинні перетворювачі (температура, тиск, рівень, витрата);
- виконавчі механізми;
- мікропроцесорний контролер.

#### **4.2.1 Вибір давачів температури**

При виборі давачів температури, крім основних характеристик, повинні враховуватися ще й наступні:

- характерність зміни тиску в деякому проміжку часу;
- наявні впливи середовища яке контролюється;
- наявні зовнішні збурення.

Температура на установці гідрокрекінгу вакуумного газойля коливається в межах 200-450°C. З огляду на це, підбираємо термометр опору типу WİKA TR12- В (рис.4.1).

Термометри опору даної серії можуть використовуватися в поєднанні з великою кількістю конструкцій захисних гільз. Змінна, розташована в центрі,

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підпружинена вимірювальна вставка, а також подовжений хід пружини дозволяють комбінувати її з самим широким спектром конструкцій з'єднувальної головки.

Для термометрів доступний широкий спектр можливих комбінацій чутливого елемента, сполучної головки, довжини занурення, довжини шийки, приєднання до захисної гільзи тощо, тому вони придатні для з'єднання з різними типами захисних гільз, тому їх добре застосовувати у найрізноманітніших областях.



Рисунок 4.1 - Загальний вигляд термометра опору типу «WIKА TR12-B»

Коротка характеристика:

- Діапазон вимірювань -  $-200...+600$  °С.
- Чутливий елемент -  $1\times Pt100, 2\times Pt100$ .
- Матеріал деталей, які контактують з вимірюваним середовищем - нержавіюча сталь.
- Приєднання до процесу -  $M20\times 1,5, G\frac{1}{2}, NPT\frac{1}{2}$ .
- Клас захисту - IP68.

#### 4.2.2 Вибір давачів тиску

Як перетворювач тиску вибрано JUMO dTRANS p20 DELTA (рис. 4.2) який має уніфікований сигнал 4..20mA та виконаний у вибухозахисному виконанні.

Вимірювальний перетворювач тиску JUMO dTRANS p20 DELTA з інтерфейсом HART об'єднує в собі високу точність і простоту управління. Він служить для вимірювання перепаду тиску газів, парів і рідин. Вбудований РК-дисплей відображає вимірювану величину і дані приладу. Виготовлений у

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибухонебезпечному виконанні.



Рисунок 4.2 - Загальний вигляд давача «JUMO dTRANS p20 DELTA»

Корпус і сенсори виготовлені з високоякісної нержавіючої сталі. Для спеціальних застосувань є можливість підключення до різних мембранних розділювачів:

- Корпус з нержавіючої сталі.
- HART®-протокол.
- Вибухозахист Ex ia і Ex iaD.
- Лінійність 0,07%.
- Зручне управління поворотною кнопкою.
- Setup-програма.
- РК-дисплей з діаграмою.
- Покази в різних одиницях виміру.
- Індикація температури сенсора.
- Індикація мінімального і максимального тиску.
- Функція задатчика струму.
- Встановлювані характеристика і показання для вимірювання витрати.

Вимірювальний перетворювач є програмованим, це дозволяє оптимально налаштувати його для вирішення різних вимірювальних завдань. Для настройки через інтерфейси є зручна Setup-програма (опція). Ручне управління за місцем

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

легко і швидко здійснюється за допомогою поворотної кнопки.

### 4.2.3 Вибір давачів рівня

Так, як рівень на установці гідрокрекінгу вимірюється по перепаду тиску в апаратах, то підібрано датчики рівня типу Rosemount 2051 (рис. 4.4).

Вимірює рівень і видає результат вимірювання у вигляді різних вихідних сигналів і виготовляється з різних матеріалів, і з різними варіантами технологічних з'єднань. Його поєднання з розділовими мембранами Rosemount 1199 дає можливість підібрати рівнемір Rosemount 2051, який в повній мірі відповідає умовам вашої технологічної системи.



Рисунок 4.3 - Датчик рівня типу «Rosemount 2051»

Переваги:

- застосування розділової системи асиметричною конфігурації Tuned-System™ дозволяє оптимізувати робочі характеристики приладу;
- оптимізована конструкція розділової системи забезпечує надійність, відмінні експлуатаційні характеристики, гнучкість і високу якість обладнання, яке відповідає вашим стандартам;
- безліч варіантів технологічних речовин або матеріалів деталей, що контактують з робочим середовищем дають можливість підібрати конфігурацію відповідно до умов технологічного процесу;
- підтримуються вихідні сигнали 4-20 мА HART, FOUNDATION fieldbus, HART малої потужності 1-5 В постійного струму, що забезпечує простоту інтеграції в будь-яку систему.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

#### 4.2.4 Вибір давачів витрати

Для вимірювання витрати речовин в установці гідрокрекінгу вибрано вихровий витратомір з вбудованою компенсацією по температурі і тиску OPTISWIRL 4070 (рис. 4.4).

Застосовується для високонадійних вимірювань нормалізованої об'ємної та масової витрати електропровідних і неелектропровідних рідин, газу і пари навіть у разі коливань температури і тиску.



Рисунок 4.4 - Загальний вигляд витратоміра «OPTISWIRL 4070»

Система вимірювання приладу заснована на базі цифрової інтелектуальної обробки сигналу, розробленої фірмою KROHNE. Вона здійснює прийом, фільтрацію і обробку первинного сигналу вимірювання:

- Діапазон вимірювання: для чисел Рейнольдса 10000 ... 2300000.
- Робоча температура: -40 ... + 540 ° C.
- Робочий тиск: до 100 бар.
- Похибка вимірювання:  $\pm 0,75\%$  (для рідин),  $\pm 1,0\%$  (для газів і пара) в залежності від числа Рейнольдса.
- Розмір фланців: DN15 ... DN300.
- Середовище вимірювань: газ, пара, рідина.
- Вихідний сигнал: 4-20мА.

#### 4.2.5 Вибір виконавчого механізму

Вихідним сигналом з контролера System Q являється аналоговим електричним сигналом. Саме тому виберемо електричний виконавчий механізм (ВМ), котрий забезпечуватиме перетворення електричного командного сигналу у

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

час, котрий необхідний для ефективного позиціонування регулюючого органу (РО).

Механізм МЕО 250 являє собою електричний виконавчий механізм, який має крутний момент на валу 250Нм і з даними зусиллям пересуває органи регулювання, такі як шибер, засувки, вентиля, затвори, клапана, із заданою швидкістю і на певний градус повороту відповідно до сигналом, прийнятим від регулюючих пристроїв. Для вибухонебезпечних зон привід МЕО-250 виготовляються у вибухозахищеному виконанні і маркують МЕО-250-ПВТ4.



Рисунок 4.5 - Однообертовий виконавчий механізм «МЕО-250»

Механізм електричний однооборотний МЕО-250 має в своєму складі такі пристрої: черв'ячний редуктор - головний механізм, з яким пов'язані інші вузли, електродвигун синхронний (ЗДСОР-135-1,6, ЗДСТР-135-1,6, ЗДСТР-135-4, ДСТР-140-4, ДСТР-140-1,6, ДАУ-25П, ДАУ-10С, АІР-56А4), блок сигналізації положення (струмовий, індуктивний, реостатний, або без блоку сигналізації з блоком кінцевих вимикачів), гальмо, чотири мікропереключателі (два з них для обмеження переміщення вала і ще два для блокування і сигналізації проміжних положень вихідного вала), важіль і ручний привід.

#### 4.2.6 Вибір контролера

Контролер являється найважливішим елементом у спроектованій системі. У якості регулятора застосуємо багатофункціональний мікропроцесорний контролер

						Арк.
					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## SYSTEM Q Mitsubishi Electric.

Застосовується в електричній, енергетичній, металургійній, харчовій, скляній, цементній та інших галузях промисловості. Загальний вигляд регулятора показаний на рисунку 4.6.

Програмуючі логічні контролери System Q - це модульні контролери, з поділом по процесорам, від Q00JCPU до Q25PRHCPU, призначені для створення складних і найскладніших (резервування і дублювання) автоматизованих систем управління і контролю з загальною кількістю входів / виходів від 32 до 8 192.



Рисунок 4.6 - Загальний вигляд регулятора «SYSTEM Q Mitsubishi Electric»

Серія System Q являється найновішою та найперспективнішою серією контролерів фірми Mitsubishi Electric та являється найбільш потужною та компактною моделлю програмованих логічних контролерів (ПЛК) з мультипроцесорною технологією.

Невеликий розмір, комунікаційні можливості і високопродуктивний мультипроцесор - три найважливіші характеристики Q-серії. Різноманітні засоби зв'язку Q-серії гарантують її гнучкість і відкритість.

System Q може замінити собою звичайні розподілені системи керування технологічними процесами (DCS).

System Q підтримує стандарт IEC 61508 / DIN19250 до SIL 3 по системам протиаварійного захисту (ПАЗ).

Добре зарекомендувала себе система з невисокою ціною і вартістю експлуатації.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серія Q дає можливість застосовувати рішення по автоматизації на більш високому рівні і допускає більш високий рівень інтеграції з іншими компонентами автоматизації. Вона також змінює спосіб експлуатації, здійснюваний системою, встановлюючи зв'язок за допомогою текстових повідомлень або електронної пошти.

Основні характеристики:

- до 4 процесорів, з вбудованим USB, в одній системі для загального управління, розрахунків та комунікацій;
- швидкодія: до 9,5 нсек на одну логічну команду;
- до семи шасі розширення, що мають до 64 модулів, можуть бути приєднані до базових шасі або шасі розширення;
- пам'ять програми до 32 Мб;
- резервування по процесорам, блокам живлення, мережевим модулям, модулям введення/виведення для складних і відповідальних завдань (безперервні тех. процеси);
- наявність модуля процесора з підтримкою мови C ++;
- наявність модуля процесора у вигляді компактного персонального комп'ютера;
- наявність модуля процесора ЧПУ;
- час перемикання з основного на резервний процесор - 22 ms;
- заміна модулів на «льоту» без зупинки;
- необмежену кількість ПІД-контурів;
- обробка аналогових сигналів розрядністю до 16 біт;
- вбудована самодіагностика ЦПУ з реєстрацією історії збоїв;
- діагностика збоїв і програмування (через модем, ETHERNET і т. д.);
- можливість підключення до мереж MELSECNET/H, MELSECNET/G, ETHERNET, SSCNET, CC-Link, CC-Link/LT, CC-Link/IE, PROFIBUS, ModBus/TCP, Modbus/RTU, CANopen, DeviceNet, AS-Interface, FL-net, MES interface, RS232, RS422, RS485.

Контролер System Q являє собою потужний модульний ПЛК з

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мультипроцесорною технологією. Модульність означає можливість підбору окремої, оптимальної конфігурації системи для конкретного застосування. Основними компонентами ПЛК є базове шасі, модуль живлення і принаймні один модуль центрального процесора (ЦП). ЦП виконує команди програми ПЛК. В залежності від застосування на базове шасі можна встановлювати інші модулі, наприклад модулі вводу / виводу і спеціальні функціональні модулі. Живлення встановлених модулів забезпечується модулем живлення.

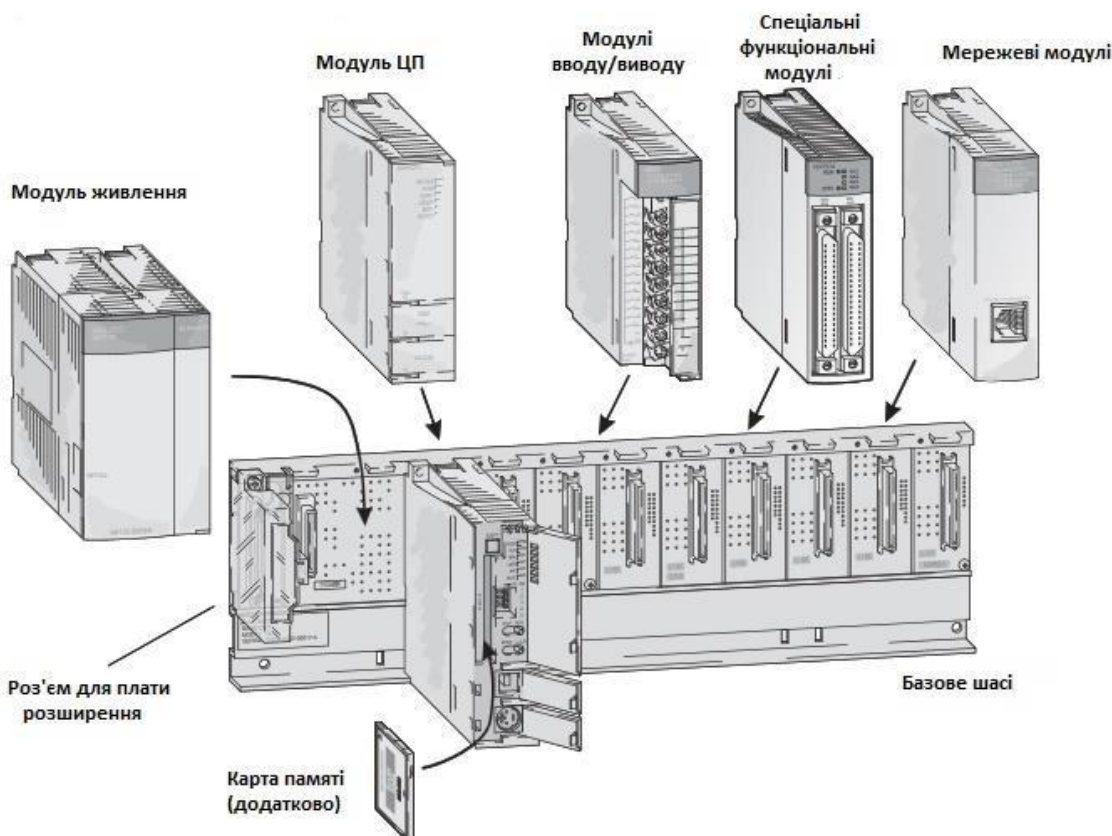


Рисунок 4.7 - Схема підключення окремих модулів на базове шасі System Q

Зв'язок між окремими модулями і ЦП здійснюється по внутрішній шині базового шасі. Шасі, на якому встановлений ЦП, називається базовим шасі. Базові шасі System Q існують в 5 різних версіях: з кількістю слотів для установки модулів до 12.

Якщо потрібні додаткові слоти для модулів, кожен базове шасі можна додати шасі розширення. Шасі розширення підключаються з базового шасі за допомогою кабелів розширення. При використанні шасі розширення, що не мають власних модулів живлення, дані кабелі також забезпечують живлення встановлених

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

модулів. До базового шасі можна підключати до 7 шасі розширення. Максимально можливе кількість модулів введення / виведення і спеціальних функціональних модулів на всіх шасі становить 64.

### 4.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації (ФСА) являється базовим технічним документом, що встановлює функціонально-блочну структуру наявних окремих систем автоматичного контролю а також керування та регулювання технологічним процесом і відповідно оснащення об'єкта керування певними приладами для контролю.

Дана схема являє собою креслення, на котрому за допомогою певних стандартизованих умовних позначень зображаються такі елементи:

- наявне технологічне обладнання;
- необхідні комунікації;
- засоби, які забезпечуватимуть контроль, керування а також автоматизацію;
- необхідні зв'язки між задіяним технологічним обладнанням а також засобами автоматизації і т.д.

Задіяні засоби контролю, керування а також автоматизації зазвичай розміщують по місцю розташування технологічного обладнання тобто безпосередньо на самих трубопроводах та обладнанні чи в деяких випадках у таких спеціальних приміщеннях як операторські та диспетчерські.

Задіяне технологічне обладнання а також комунікації в процесі розробки ФСА необхідно зображувати спрощено, тобто без зазначення окремих технологічних апаратів або трубопроводів, які мають допоміжне призначення.

На трубопроводах відображають тільки безпосередньо задіяні в управлінні процесом засуви, заслінки чи клапани, або котрі потрібні в процесі визначення певного відносного розташування відбірних пристроїв чи деяких первинних вимірювальних перетворювачів.

Прилади, засоби автоматизації, давачі, електричні пристрої, перетворювачі а також потрібні елементи обчислювальної техніки на ФСА мають відображатися за

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою кіл, які мають діаметр 10 мм. Буквені позначення відображаються в верхній частині створеного круга. У нижній частині круга відображають цифрово-буквенні чи цифрові позначення, котрі призначені для нумерації комплексу вимірювання а також його окремих елементів. На трубопроводах повинні відображатися стрілки руху потоку.

Пояснюючі надписи повинні бути біля зображення технологічного обладнання чи певне позиційне позначення. Позиційні позначення потрібно вказувати усередині конкретного умовного позначення або безпосередньо біля нього.

Розроблювана системи автоматизації установки гідрокрекінгу має в повній мірі забезпечувати контроль усіх технологічних процесів, автоматичного регулювання технологічних параметрів для коректної стабілізації розроблюваного технологічного процесу. Процесу сигналізації підлягають абсолютно усі технологічні параметри, зміна котрих може привести аварій на виробництві або нещасних випадків. Робиться захист установки від аварійних значень параметрів. На основі вище описаного у роботі використані такі технічні засоби:

1) Давачі: температури - WKA TR12-B - термометр опору з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА виконаний в вибухозахисному виконанні; давач тиску - МТП-160 являється технічним манометром; перепаду тиску - ДК50-100 представляє собою діафрагмові камерни.

2) Перетворювачі: тиску - JUMO dTRANS p20 DELTA - перетворювачі тиску які володіють електричним уніфікованим вихідним сигналом та виконані у вибухозахисному виконанні; задіяні перепаду тиску OPTISWIRL 4070 це перетворювачі перепаду тиску які мають електричний уніфікованим вихідний сигнал та виконані у вибухозахисному виконанні; давачі рівня МТМ701.5Г це перетворювачі гідростатичного тиску які мають електричний уніфікований вихідний сигнал та виконані у вибухозахисному виконанні.

3) МТМ-501 та МТМ-502-02 являють собою бар'єри іскробезпеки.

4) Вторинні прилади: МТМ-РЭ-160-01 - вторинний показуючий і реєструючий прилад; Alpha 2 - цифровий індикатор.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Регулятори електричні System Q.

6) Регулюючі органи типу МЭО -250.

Функціональна схема автоматизації установки гідрокрекінгу забезпечує:

1. Процес дистанційного контролю, а також регулювання температури на виході із печі П-1, який здійснюється за допомогою термоелектричного перетворювача WİKA TR12-B (поз.1-1а) який має уніфікований вихідний сигнал 4-20мА та виконаний у вибухозахисному виконанні і розміщений у трубі. Сигнал від нього подається у операторну через іскробар'єр МТМ 501 який має позицію (поз.1-1б) розміщений на штативі на регулятор System Q (поз.1-1в) який розміщений на щиті. Крім цього в даний регулятор поступає сигнал витрати газосировинної суміші в піч від діафрагми ДК6-50 (поз.3-1а) перепад тиску подається на перетворювач JUMO dTRANS p20 DELTA (поз.3-1б) і через МТМ 501 (поз.3-1в) на даний регулятор. З регулятора сигнал подається на виконавчий механізм МЭО -250 (поз.1-1г), розміщений на лінії подачі палива у піч.

2. Дистанційний контроль, сигналізація верхнього значення та регулювання температури верхнього потоку, що поступає в реактор Р-1 здійснюється за допомогою давача температури WİKA TR12-B (поз.1-2а), який розміщений безпосередньо на потоці. Сигнал з даного давача поступає через іскробар'єр МТМ-502-02 (поз.1-2б) розміщений на штативі, який сигналізує про досягнення верхнього значення температури на регулятор System Q (поз.1-2в) розташований на щиті в операторній. Сигнал з регулятора подається на виконавчий механізм МЭО -250 (поз.1-2г), який розміщений на цьому ж потоці.

Аналогічні контури використані для середнього і нижнього потоків реактора Р-1 та для температури на виході з печі П-2, але так для печі немає сигналізації то замість МТМ-502-02 використаний МТМ-501.

3. Дистанційний контроль та регулювання витрати газової суміші, яка поступає в реактор Р-1 здійснюється за допомогою діафрагми ДК6-50 (поз.3-2а), з якої перепад тиску поступає на перетворювач JUMO dTRANS p20 DELTA (поз.3-2б) розміщений по місцю. Сигнал з даного приладу подається через МТМ-501 (поз.3-2в) розташований на штативі в регулятор System Q (поз.3-2г) розміщений на

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щиті КВП. Після регулятора сигнал 4-20мА поступає на виконавчий механізм МЭО-250 (поз.3-2д), який знаходиться безпосередньо по місцю.

4. Дистанційний контроль значення витрати в сепаратор С-1 здійснюється за допомогою діафрагми ДК6-50 (поз.3-3а), з якої перепад тиску поступає на перетворювач OPTISWIRL 4070 (поз.3-3б) розміщений по місцю. Сигнал з даного приладу подається через МТМ-501 (поз.3-2в) розташований на штативі в індикатор ИТМ-11 (поз.3-3г) розміщений на щиті КВП.

5. Дистанційний контроль, реєстрація тиску в сепараторі С-1 і С-2 здійснюється за допомогою давачів МТМ700ДИ-Ех (поз.2-1а, 2-2а), які розміщені зверху на даних сепараторах. З давачів уніфікований сигнал 4-20мА подається у операторну через МТМ 501 (поз.2-1б, 2-2б) на вторинний прилад МТМ-РЕ-160 (поз.2-1в), який розміщений на щиті.

Такі самі контури використані для тиску в колоні К-3 та сепараторі С-4.

6. Дистанційний контроль, реєстрація, регулювання та сигналізація верхнього та нижнього рівня в колоні К-1, реалізується за допомогою давача гідростатичного тиску МТМ701.5Г (поз. 4-1а), який розміщений в низу колони. Уніфікований сигнал 4-20мА з даного рівнеміра подається у операторну на змонтований штатив, де безпосередньо розміщений іскробар'єр МТМ-502-02 (поз.4-1б), який здійснює сигналізацію верхнього та нижнього рівня (НЛ5, НЛ6). Після даного приладу сигнал подається на збірний щит КВП МТМ-РЕ-160 (поз. 2-1в) для контролю і реєстрації та System Q (поз.4-1в) з метою регулювання. Безпосередньо після регулятора наявний уніфікований сигнал направляєється на виконавчий механізм (ВМ) МЭО -250 (поз. 4-1г) регулюючий орган якого розміщений на лінії відбору в низу колони К-1.

Аналогічні контури використані для рівня в колонах К-2 та К-3, тільки в К- 3 немає регулювання.

7. Процес дистанційного контролю, реєстрації та регулювання, а також сигналізації зазначеного максимального значення тиску у колоні К-1 здійснюється за допомогою за перетворювача тиску JUMO dTRANS p20 DELTA (поз.2-3а) з уніфікованим аналоговим вихідним сигналом 4-20мА в вибухозахисному

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконанні, розміщеному на верху колони К-1. Зазначений сигнал направляєтся на показуючий та відповідно сигналізуєчий іскробар'єр МТМ-502 (поз.2-3б) розміщений в операторній на штативі, контакти якого задіяні в схемі сигналізації (НЛ7, НЛ8). Утворений електричний аналоговий уніфікований сигнал, який рівний 4 - 20мА із задіяного бар'єра іскробезпеки направляєтся на шестиканальний реєстратор МТМ РЕ 160 (поз. 2-1в) розташований на щиті операторної. Даний сигнал також направляєтся на регулятор System Q поз.(2-3в) сигнал з якого подаєтся на виконавчий механізм МЭО -250 (поз. 2-3г).

Аналогічні системи використані для тиску в сепараторі С-3 та колоні К-2.

8. Дистанційний контроль, реєстрація та регулювання витрати сировини, яка поступає в колону К-1 здійснюєтся за допомогою діафрагми ДК6-50 (поз.3- 4а), з якої перепад тиску поступає на перетворювач OPTISWIRL 4070 (поз.3-4б) розміщений по місцю. Сигнал з даного приладу подаєтся через МТМ-501 (поз.3-4в) розташований на штативі до реєстратора МТМ-РЕ-160 (поз.2-1в) та в регулятор System Q (поз.3-4г) розміщені на щиті КВП. Після регулятора сигнал 4-20мА поступає на виконавчий механізм МЭО -250 (поз.3-4д), який знаходиться безпосередньо по місцю.

9. Дистанційний контроль, реєстрація та сигналізація температури вверху колони К-1 здійснюєтся за допомогою перетворювача WІКА TR12-В (поз.1-5а), який розміщений вверху колони. Сигнал 4-20мА з даного перетворювача подаєтся на штатив в прилад МТМ-502-02 (поз.1-5б), який має контакти в схемі сигналізації (НЛ9, НЛ10). Зі штатива сигнал поступає на щит КВП прилад МТМ- РЕ-160 (поз.2-1в).

Аналогічні системи для контролю та реєстрації температури сировини в колону К-1, низу колони К-1, низу колони К-2, верху колони К-2, сировини в колону К-2, зрошення колони К-2, але так як там немає сигналізації то використаний МТМ 501.

10. Дистанційний контроль реєстрації вхідної витрати сировини котра поступає у колону К-2 здійснюєтся за допомогою діафрагми ДК6-50 (поз.3-5а), з якої перепад тиску поступає на перетворювач OPTISWIRL 4070 (поз.3-5б)

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташований по місцю. Уніфікований сигнал 4-20мА із цього приладу подається через МТМ- 501 (поз.3-5в) розташований на штативі до реєстратора МТМ-РЕ-160 (поз.1-6в).

11. Для контролю тиску на виході насосів Н-1 - Н-6 використані технічні манометри МТП-160 (поз.2-8а, 2-9а, 2-10а, 2-11а, 2-12а, 2-13а).

12. Місцеве керування насосами Н-1 - Н-6 здійснюється кнопками: 1SB4, 2SB4, 3SB4, 4SB4, 5SB4, 6SB4. Дистанційне керування цими ж насосами відбувається кнопками: 1SB3, 2SB3, 3SB3, 4SB3, 5SB3, 6SB43.

#### **4.4 Побудова щита сигналізації та управління**

Загальним призначенням щитів системи автоматизації являється розташування на них засобів для контролю а також керування усім технологічним процесом.

Зазвичай щити систем автоматизації розташовуються у спеціальних щитових приміщеннях з температурою внутрішнього повітря у межах від  $-30$  до  $+50$  °С за відносної вологості менше 80% та абсолютної відсутності вібрації, агресивних газів та парів. В процесі вибору типу і розміру щита слід враховувати такі фактори, як:

- правила техніки безпеки;
- призначення щита;
- доцільність монтажу а також обслуговування;
- кількість а також габарити засобів автоматизації;
- величину приміщення а також умови експлуатації.

В процесі розміщення приладів а також апаратури на панелях щита не допускається наступні явища:

- монтаж приладів а також засобів автоматизації на бічних стінках а також дверях щита;
- монтаж приладів а також інших засобів автоматизації на наявних допоміжних елементах щитів.

Базовим правилом розміщення апаратури на щитах являється коректна зручність їхнього монтажу а відповідно і експлуатації. У роботі вибрано щит

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шафного типу: ЩШ-ЗД- 2200x800x600.

Креслення загального вигляду щита сигналізації і управління насосами розроблено на листі графічної частини. На фронтальній панелі щита в межах від 800 мм до 2000 мм розташована апаратура за такою послідовністю:

- на висоті 2040-1400 мм сигнальна апаратура, яка сигналізує про наявність напруги живлення в схемах сигналізації і управління насосами, стан насосу, а також сигналізації граничних значень;

- на висоті 1280 мм кнопки управління насосними агрегатами Н-1 - Н-6;

- на висоті 1080 мм перемикачі вибору режиму роботи насосних агрегатів Н-1 - Н-6;

- на висоті 900 мм кнопки зняття звукового сигналу та перевірки схеми сигналізації.

В середині щита розміщена електроапаратура: на лівій і правій бокових стінках на рейках розміщено клемні з'єднувачі типу БЗ-10. На висоті 1500 мм розміщені монтажні плати. На висоті 1000-1100 мм розміщується плата з вмонтованими на ній розеткою і вимикачем освітлення щита. На висоті 1450 мм розташовані реле. На висоті 700 - 1100 - автоматичні вимикачі схем.

Обв'язка електроапаратури здійснюється за допомогою провідника з полівінілхлоридною ізоляцією ПВ 1x1.

#### **4.5 Розробка принципів електричних схем**

Дані схеми визначають увесь комплекс приладів, апаратів а також пристроїв, та відповідних зв'язків між ними, робота котрих забезпечує виконання завдань пов'язаних із керуванням, регулюванням, захистом, вимірюванням а також сигналізацію.

У загальному дані схеми служать основою для розроблення усіх інших проектних документів. Вони також призначені для вивчення принципів роботи системи, а також являються необхідними в процесі виконання налагоджувальних робіт а також у експлуатації, в процесі розробки систем автоматизації технологічними процесами.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розробка даних схем безпосередньо пов'язана із контролем, керуванням а також регулюванням усього технологічного процесу. Кожна із розроблених принципових електричних схем має забезпечувати надзвичайно високу надійність, простоту а також економічність, чіткість дій у випадку аварійних режимів, коректність оперативної роботи, коректність експлуатації.

З точки зору вимог до коректного ведення усього технологічного процесу, на розроблюваній установці гідрокрекінгу, мною в процесі виконання даної роботи розроблено принципову електричну схему технологічної сигналізації, а також принципову електричну схему управління такими насосними агрегатами як Н-1 - Н-6.

#### **4.5.1 Розробка принципової електричної схеми для сигналізації**

Дані схеми будуються на основі схем автоматизації, на основі заданих алгоритмів функціонування певних окремих вузлів систем контролю та сигналізації. Усі можливі схеми сигналізації відрізняються одна від одної принципами дії, кількістю енергії яка споживається а також кількістю каналів для сигналізації, але усі вони мають забезпечувати:

- простоту а також економічність;
- високу надійність;
- зручність в експлуатації та роботі.

В бакалаврській роботі використано імпульсну схему сигналізації.

Схема технологічної сигналізації забезпечує:

- 1) звукову та світлову сигналізацію;
- 2) зняття звукової сигналізації;
- 3) випробування звукової а також світлової сигналізації.

Сигналізація спрацьовує у випадку відхилення таких технологічних параметрів, як:

1. Максимальна температура верхнього потоку реактора Р-1.
2. Максимальна температура середнього потоку реактора Р-1.
3. Максимальна температура нижнього потоку реактора Р-1.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Мінімальний рівень в колоні К-1.
5. Максимальний рівень в колоні К-1.
6. Максимальний тиск в колоні К-1.
7. Мінімальний тиск в колоні К-1.
8. Мінімальна температура верха колони К-1.
9. Максимальна температура верха колони К-1.
10. Мінімальний тиск в сепараторі С-1.
11. Максимальний тиск в сепараторі С-1.
12. Мінімальний рівень в колоні К-2.
13. Максимальний рівень в колоні К-2.
14. Максимальний тиск в колоні К-2.
15. Мінімальний тиск в колоні К-2.
16. Мінімальний рівень в колоні К-3.
17. Максимальний рівень в колоні К-3.

Працює схема сигналізація наступним чином.

У випадку відхилення одного із технологічних параметрів, як наприклад це може бути максимальна температура верхнього потоку Р-1 відбувається замикання відповідного контакту приладу, у нашому випадку контакту РТ1. У випадку замикання контакту РТ1 засвічується лампа НЛ2, яка виконує сигналізацію максимальної температури. Також починає заряджатись конденсатор С1. Наявний струмовий імпульс змушує короткочасно спрацювати задіяне у схемі реле К2. Контакт реле К2 включає реле К1, яке самоблокується а наявний інший контакт здійснить включення дзвінка НА1. Після появи імпульсу струму дане реле К2 втратить струм і буде мати змогу приймати сигнали від усіх інших давачів. У випадку потреби відключення дзвінка НА1 потрібно натиснути кнопку SB2. Як результат даної дії реле К1 втратить струм а його контакти відповідно розімкнуться. З метою перевірки роботоздатності дзвінка та ламп потрібно натиснути кнопку SB1.

Задіяні резистори R1–R17 дозволяють конденсаторам C1–C15 розрядитись при розмиканні контактів: РТ1, РТ2, РТ3, РЛ1, РЛ2, РР1, РР2, РТ4, РТ5, РР3, РР4,

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

PL3, PL4, PP5, PP6, PL5, PL6 з такою метою, щоб дані кола були готові знову спрацювати у випадку повторного замикання контактів приладів. Наявний діод VD1 попереджує наступне включення усіх задіяних ламп, крім лампи HL2, якщо замкнеться тільки контакт PT1. Аналогічним призначенням наділені діоди: VD5; VD7; VD3; VD9; VD13; VD11; VD15; VD25, VD27, VD19; VD17; VD21; VD23; VD29, VD33, VD31. Діоди: VD6; VD8; VD2; VD4; VD10; VD12; VD18; VD20; VD14; VD16; VD22; VD24; VD26, VD28, VD30, VD32, VD34 призначені для випрямлення струму. Сигналізує про присутність живлення у схемі лампа HL1.

#### **4.5.2 Розробка принципової електричної схеми управління насосами Н-1 – Н-6**

У процесі виконання роботи розроблено схему ефективного управління такими насосними агрегатами як Н-1 - Н-6.

Розроблена схема забезпечує ефективне ручне місцеве а також дистанційне управління даними насосами.

Живлення схема керування насосом Н-1 відбувається від напруги  $\sim 220$  В, а саме від фази А, а також нуля N. З метою захисту схеми від можливого короткого замикання використано автоматичний вимикач 1SF2. Контролювання напруги мережі виконується за допомогою сигнальним табло HL19.

Вибір режиму роботи схеми здійснюють переключенням перемикача 1SA1, що має три положення:

-  $P_m$  – привід конкретного насосу можна увімкнути тільки за допомогою посту управління, котрий розташовується по місцю.

- В (Виключено) - в такому положенні перемикача, включення насосу здійснити неможливо; цей режим використовується для того, щоб не було випадкового включення насосу оператором, це потрібно, наприклад при ремонті насоса.

-  $P_d$  – у такому положенні насос можна увімкнути тільки із операторної.

Опишемо роботу розробленої схеми у випадку переключення перемикача 1SA1 у режим  $P_m$ .

									Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ				

Для увімкнення насоса Н-1 необхідно натиснути вимикач 1SF2 а також кнопку 1SB3 яка відповідає за “Пуск”. У такому випадку спрацює контактор магнітний 1KM1, оскільки саме через нього протікає струм по колу: фаза А - автоматичний вимикач 1SF2 та кнопки 1SB3, 1SB4, “Стоп” – відповідна кнопка 1SB3; “Пуск” - перемикач 1SA1 - тобто котушка контактора магнітного 1KM1 - тобто контакти теплових реле 1KK1, 1KK2 - нуль N. За допомогою натиснення кнопки 1SB3 чи 1SB4 “Стоп” відбувається зупинка насосу Н-1. У випадку натиснення будь-якої із вказаних кнопок здійснюється розривання наявного кола живлення котушки магнітного пускача KM1. Пускач у зазначеному випадку розсамоблоковується, а саме розмикає контакти в наявному силовому колі живлення електродвигуна та в колі живлення лампочки 1HL20, при цьому насос Н-1 зупиняється.

Ввімкнення нососу може здійснюватися, коли перемикач 1SA1 розташовується у положенні Р<sub>д</sub>.

Включені в схему теплові реле КК1, КК2 призначені для захисту приводів насосів від можливого обриву фаз чи перевантаження. У таких випадках збільшується струм, котрий протікає через відповідне реле, а наявна біметалева пластинка починає сильніше нагріватись та при певному значенні струму перегрівається до такої степені, що реле спрацьовує та відповідно розмикає свій контакт у колі живлення відповідного магнітного контактора, що відповідно викликає відключення відповідного насосу.

Принципова електрична схема управління насосними агрегатами Н-2 - Н-6 аналогічна до схеми управління насосом Н-1.

### **Висновки до розділу**

В даному розділі було розроблено структурну схему для керування технологічним процесом. Підібрано ТЗА нижнього рівня, давача температури, тиску, витрати, рівня проведено вибір виконавчого механізму та контролера, які забезпечують наступні функції управління:

- збір і перетворення інформації про стан процесу;

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- передачу інформації по каналах зв'язку;
- перетворення, зберігання і обробку інформації;
- формування команд управління відповідно до вибраних цілей;
- використання і представлення інформації для впливу на процес;
- зв'язок з оператором за допомогою виконавчих механізмів. Спроекували

щит сигналізації та управління.

Проведено розробку двох принципових схеми:

- електричної сигналізації;
- управління насосами.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## ВИСНОВКИ

В роботі було проаналізовано технологічний процес одноступінчастого гідрокрекінгу вакуумного газойлю.

Також було здійснено аналіз існуючого технологічного обладнання та визначено основні параметри управління.

Проведено математичний опис керованого об'єкта, ґрунтовно встановлені основні параметри котрі суттєво впливають на перебіг усього технологічного процесу та від котрих залежить якість і якість кінцевого продукту.

На основі експерименту були визначені перехідні характеристики за основним та допоміжним каналами регулювання.

Проведено аналіз розробленої автоматичної системи керування. Досліджено дві системи керування одноконтурну і каскадну.

Визначили параметри налаштування вибраних регуляторів для одноконтурної і каскадної системи автоматичного керування з використанням програмного проекту Matlab.

Виконано аналіз стійкості системи автоматичного керування за критерієм стійкості Ляпунова, який засвідчив їхню стійкість.

Виконано моделювання систем керування і їх перехідні характеристики.

Розроблено структурну схему для керування технологічним процесом. Підібрано ТЗА нижнього рівня, давачі температури, тиску, витрати, рівня проведено вибір виконавчого механізму та контролера, які забезпечують наступні функції управління:

- збір і перетворення інформації про стан процесу;
- передачу інформації по каналах зв'язку;
- перетворення, зберігання і обробку інформації;
- формування команд управління відповідно до вибраних цілей ;
- використання і представлення інформації для впливу на процес;
- зв'язок з оператором за допомогою виконавчих механізмів.

Спроекували щит сигналізації та управління.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведено розробку двох принципових схеми:

- електричної сигналізації;
- управління насосами.

З економічної частини визначили ефективність використання амортизаційних засобів, та дійшли до висновку що при будь-якому способі нарахування амортизації загальна сума амортизаційних відрахувань за весь строк корисного використання об'єкта дорівнює первісній вартості основних засобів. Разом з тим сума амортизації істотно відрізняється в залежності від прийнятого способу її нарахування.

					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Семенцов Г. Н. Автоматизація неперервних технологічних процесів. Регулятори: навч. посіб. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. 201 с.

2. Когутяк М. І., Когуч Я. Р., Лещій Р. М. Автоматизація неперервних технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості: навч. посіб. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. 286 с.

3. Дранчук М. І. Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості.: навч. посіб. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2005. 448 с.

4. Інтегровані та адаптивні системи керування [Текст]: конспект лекцій / Г. Н. Семенцов, І. І. Чигур, Я. Р. Когуч, М. М. Дранчук. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. – 65 с.

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

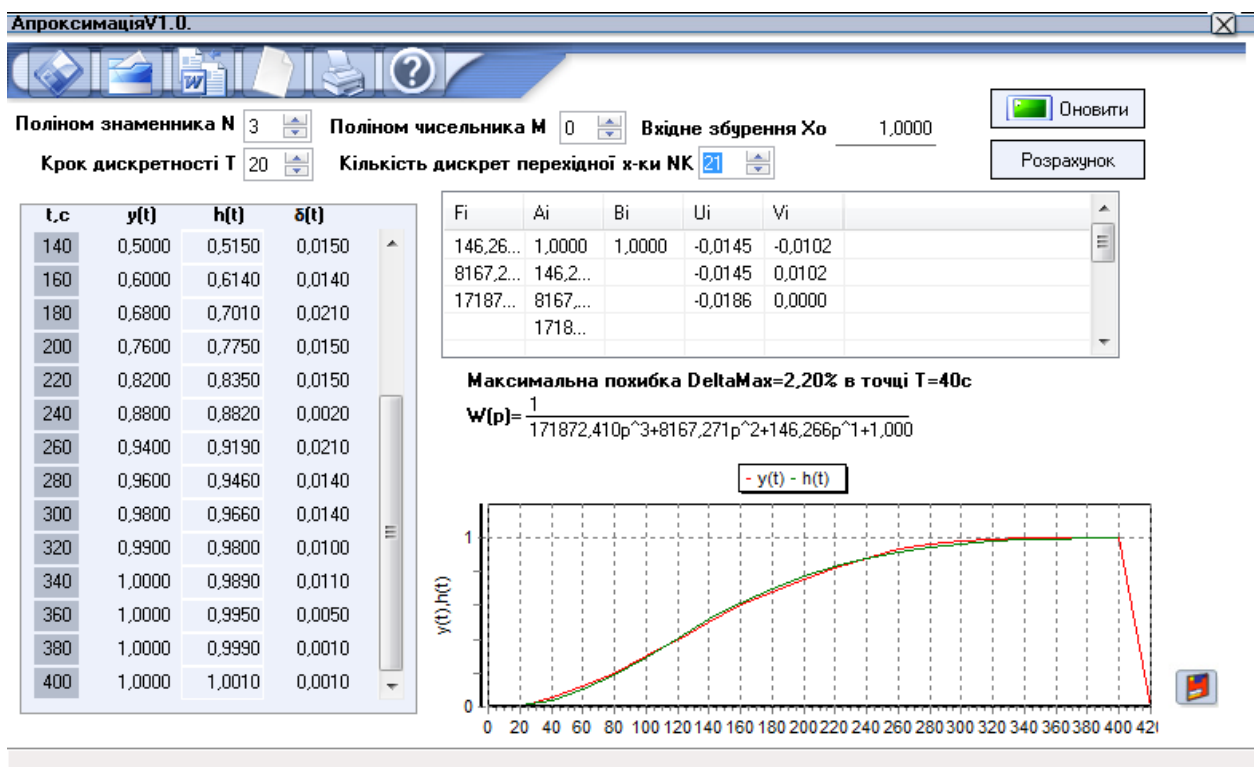
6. Бербець Т. О., Шавранський М. В. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: метод. вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. 68с.

7. Семенцов Г. Н., Когуч Я. Р., Дранчук М. М. Автоматизація технологічних процесів в нафто-газовій промисловості: курс. проектув. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ Факел, 2007. 40 с.

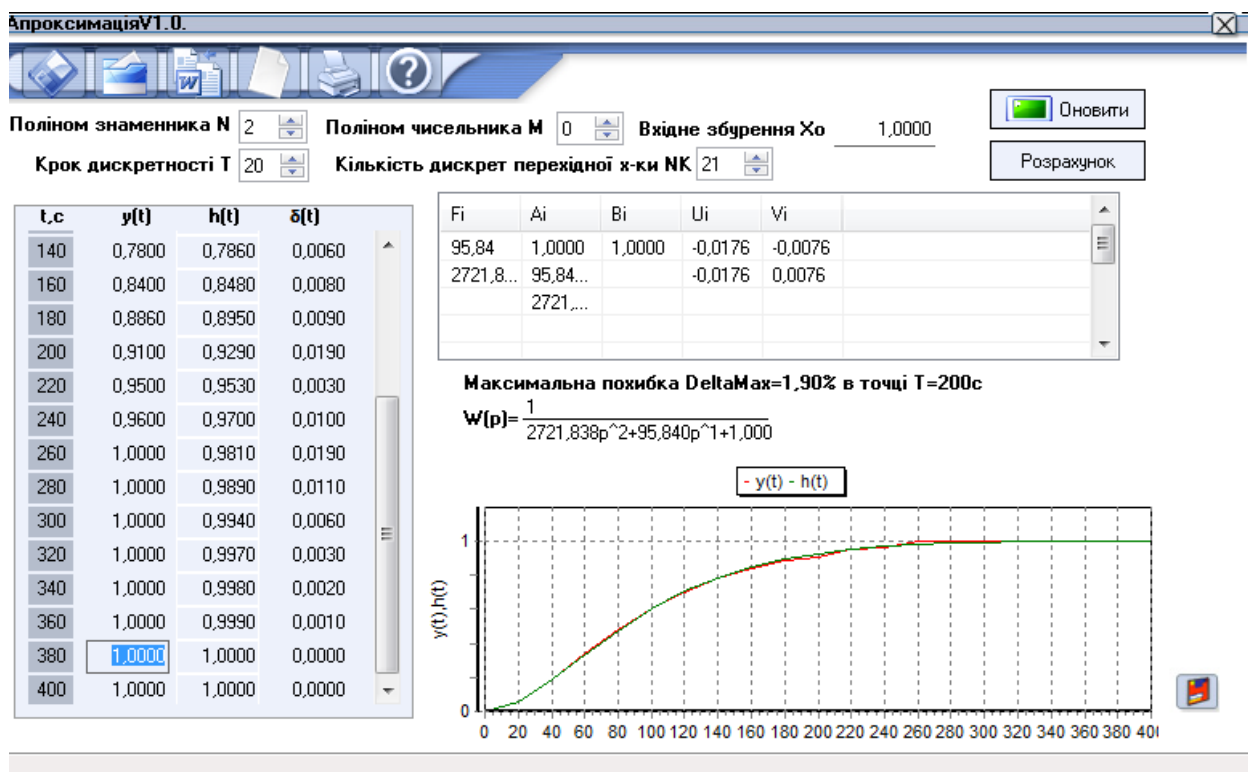
					БР.АКП-18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ДОДАТКИ

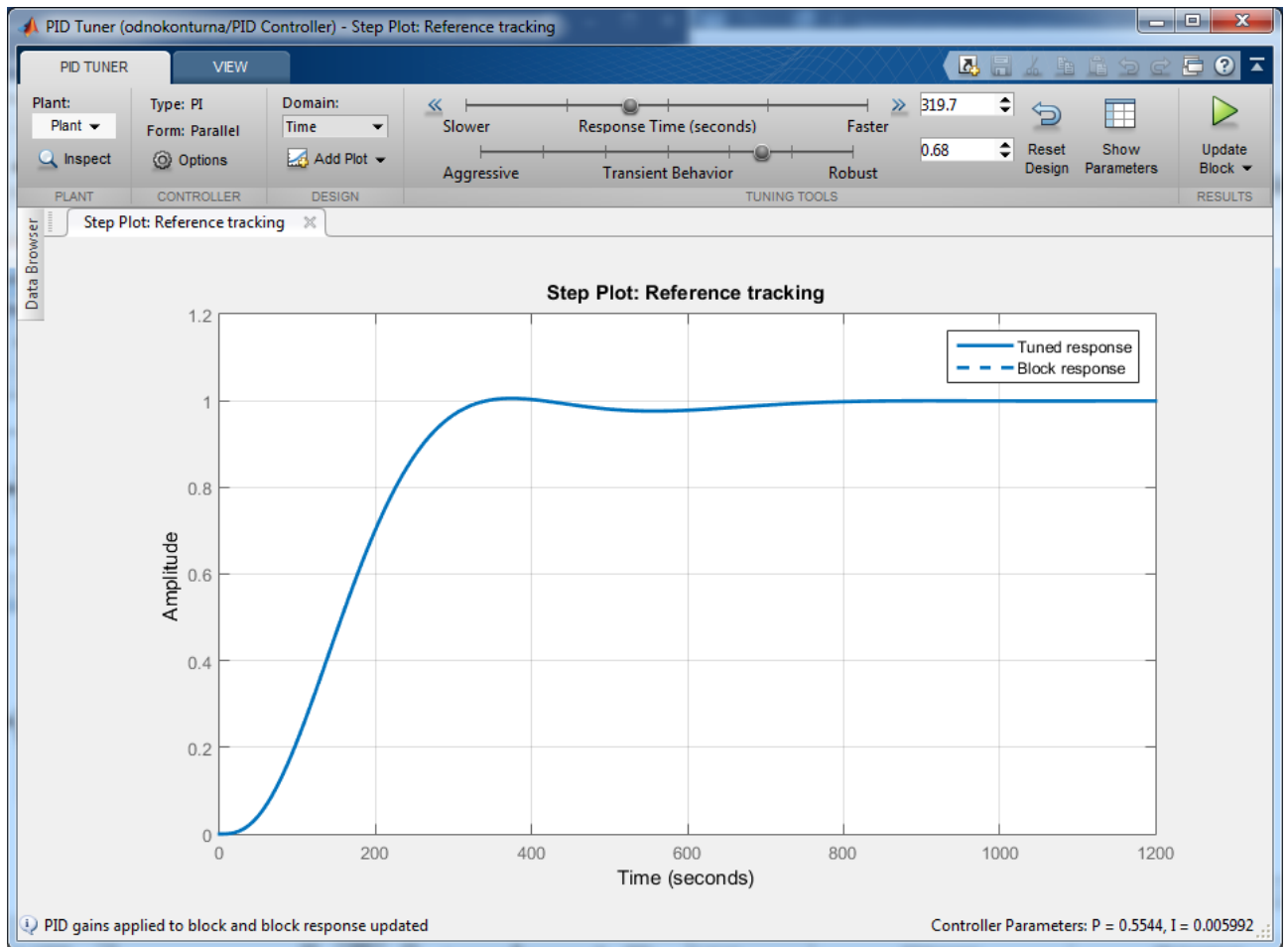
# Додаток А1



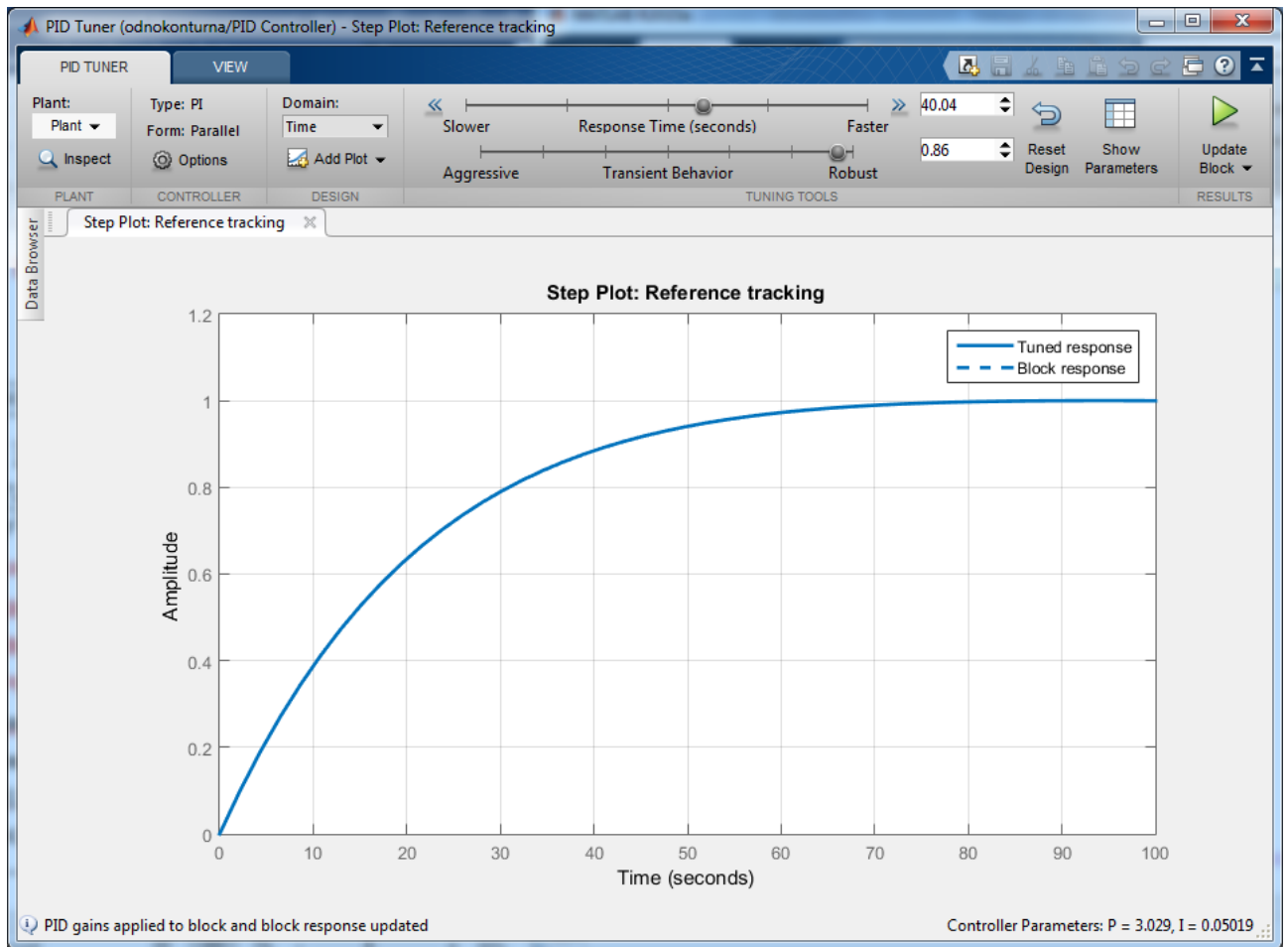
## Додаток А2



# Додаток Б1



## Додаток Б2



## Додаток БЗ

