

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ

Група АКП-22-1

Михайло Кузьмин

2026

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кузьмин Михайло Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК

681.5:665.6

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу резервування нафти

(назва роботи)

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

асистент

Г.Г. Зварич

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Здобувач освітнього ступеня

АКП-22-1

М.В. Кузьмин

(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

Кузьмин Михайло Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу резервування нафти

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 _____

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 Дослідження процесу зберігання нафти як об'єкта автоматизованого контролю та керування. 2 Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування. 3 Формування та аналіз структури системи автоматизованого регулювання. 4 Розвиток SCADA-системи. 5 Розроблення комплексу проєктної документації для САК. Загальні висновки. Перелік посилань на джерела.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Лист 1 - Функціональна схема автоматизації - БР.АКП-10.00.00.001;

Лист 2 - Експериментальне дослідження - БР.АКП-10.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз та синтез одноконтурної АСК - БР.АКП-10.00.00.003;

Лист 4 - Аналіз та синтез каскадної АСК - БР.АКП-10.00.00.004;

Лист 5 - Структура ієрархічної системи керування - БР.АКП-10.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКП-10.00.00.006.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження процесу зберігання нафти як об'єкта автоматизованого контролю та керування		
2	Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування		
3	Формування та аналіз структури системи автоматизованого регулювання		
4	Розвиток SCADA-системи		
5	Розроблення комплексу проєктної документації для САК		

Студент _____
(підпис)

М.В. Кузьмин _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Л.І. Лагойда _____
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота містить: 69 сторінок друкованого тексту, 25 рисунків, 23 таблиці, 10 посилань на джерела і 3 додаток.

Тема: удосконалення системи автоматизації технологічного процесу резервування нафти.

Об'єкт дослідження: блок нагрівання і відстоювання блочної деемульсаційної установки УДО-2М.

Мета проекту: удосконалення системи автоматизації блоку нагрівання і відстоювання.

Методи дослідження: експериментальне моделювання автоматичної системи управління блоком нагрівання і відстоювання.

Результати кваліфікаційної роботи: у роботі проведений аналіз технологічного процесу резервування нафти, з точки зору його автоматизації, проаналізовано існуючі технології керування об'єктом.

На основі даних активного експерименту знайдено передавальну функцію об'єкта по основному (витрата палива - температура у відстійнику) та допоміжному (відкриття регулюючого органу - витрата палива) каналах регулювання, вибрано регулятори, розраховані їх оптимальні параметри налаштування, проведено розрахунок одноконтурної та каскадної систем, визначено їх показники якості, а також досліджено систему на стійкість.

Розроблено структурну схему ієрархічної системи керування, здійснено вибір технічних засобів автоматизації, розроблено SCADA систему.

Ключові слова: регулятор, система, автоматизація, параметр, налаштування, моделювання.

ABSTRACT

Bachelor's thesis contains: 69 pages of printed text, 25 figures, 23 tables, 10 references to sources and 3 appendices.

Topic: improvement of the automation system of the technological process of oil reservation.

Object of research: heating and settling block of the block demulsification unit UDO-2M.

Project purpose: improvement of the automation system of the heating and settling block.

Research methods: experimental modeling of the automatic control system of the heating and settling block.

Results of qualification work: the work analyzes the technological process of oil reservation, from the point of view of its automation, existing technologies for controlling the facility are analyzed.

Based on the data of the active experiment, the transfer function of the object was found for the main (fuel consumption - temperature in the sump) and auxiliary (opening of the regulating body - fuel consumption) control channels, regulators were selected, their optimal settings were calculated, a calculation of single-circuit and cascade systems was performed, their quality indicators were determined, and the system was tested for stability.

A structural diagram of a hierarchical control system was developed, technical means of automation were selected, and a SCADA system was developed.

Keywords: regulator, system, automation, parameter, settings, modeling.

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	9
	ВСТУП.....	10
1	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ ЯК ОБ’ЄКТА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ.....	12
1.1	Призначення систем резервуарного зберігання і сутність процесу резервування нафти.....	12
1.2	Характеристика сировини, одержуваних продуктів і реагентів (деемульгаторів).....	13
1.2.1	Сировина.....	13
1.2.2	Деемульгатори.....	14
1.2.3	Паливо.....	14
1.2.4	Готова продукція.....	15
1.3	Аналіз технологічної схеми установки кінцевої підготовки.....	15
1.4	Технічна характеристика технологічного устаткування.....	17
1.5	Визначення та обґрунтування ключових параметрів систем керування.....	18
1.5.1	Температура в першому відстійнику.....	19
1.5.2	Температура в другому відстійнику.....	19
1.5.3	Рівень рідини в третій секції.....	19
1.6	Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу.....	19
	Висновки до розділу.....	20
2	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ’ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	21
2.1	Опис об’єкта автоматичного управління та схема його функціональних зв’язків.....	21
2.2	Формування мети регулювання та вимог до автоматичної системи...	22

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кузьмин М.В.			Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу резервування нафти	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лагойда Л.І.					6	69
Реценз.		Зварич Г.Г.				ІФНТУНГ АКП-22-1		
Н. Контр.		Кучмистенко О.В.						
Затверд.		Лагойда А.І.						

2.3	Експериментальне дослідження динаміки об'єкта.....	23
	Висновки до розділу.....	29
3	ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ.....	30
3.1	Визначення характеристик та параметрів одноконтурної системи автоматизованого керування.....	30
3.2	Визначення характеристик та параметрів каскадної системи автоматизованого керування.....	31
3.3	Аналіз стійкості одноконтурної системи автоматичного регулювання.....	34
3.4	Аналіз стійкості каскадної системи автоматичного регулювання.....	34
3.5	Аналіз показників ефективності управління на основі перехідних характеристик.....	35
	Висновки до розділу.....	37
4	РОЗВИТОК SCADA-СИСТЕМИ.....	38
	Висновки до розділу.....	40
5	РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКТУ ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДЛЯ САК.....	41
5.1	Розроблення архітектури ієрархічної системи автоматизованого керування.....	41
5.2	Вибір технічних засобів для автоматизації процесу резервування нафти.....	42
5.2.1	Вибір датчиків температури.....	42
5.2.2	Вибір датчиків рівня.....	43
5.2.3	Вибір датчиків тиску.....	44
5.2.4	Вибір датчиків витрати.....	45
5.2.5	Вибір технологічних мікропроцесорних індикаторів.....	47
5.2.6	Вибір регуляторів.....	50
5.2.7	Обґрунтування та визначення типу приводного механізму.....	55
5.3	Технічне впровадження системи автоматичного керування.....	56

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

5.3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації процесу.....	56
5.3.2 Формування креслення загальної конфігурації щитового обладнання.....	57
Висновки до розділу.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	60
ДОДАТКИ	
БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА	

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ОК - об'єкт керування.

ТП - технологічний процес.

АСР - автоматична система регулювання.

ВМ - виконавчий механізм.

АСК (САК) - автоматична система керування.

РО - регулюючий орган.

ФСА - функціональна схема автоматизації.

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

ККД - коефіцієнт корисної дії.

ГДК - гранично-допустима концентрація.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Нафтогазовидобувне управління «Долинанафтогаз» здійснює промислову розробку десяти нафтових родовищ, що територіально зосереджені в межах Долинського та Рожнятівського районів Івано-Франківської області. За показниками видобутку вуглеводнів підприємство займає одну з провідних позицій, посідаючи четверте місце серед шести аналогічних структурних підрозділів ПАТ «Укрнафта». Основним напрямом діяльності управління є видобування нафти та природного газу.

Найбільша частка видобувних робіт припадає на Долинське, Північно-Долинське, Струтинське та Спаське родовища, які визначають виробничий потенціал підприємства. Середня глибина експлуатаційних свердловин становить близько 2700 м. Розробка покладів реалізується із застосуванням систем підтримання пластового тиску, зокрема шляхом закачування води в продуктивні пласти.

Більшість родовищ перебуває на завершальній стадії експлуатації, що супроводжується суттєвим зростанням обводненості продукції (на рівні близько 86%) та підвищенням вмістом газу. Видобування вуглеводнів здійснюється механізованим способом із використанням глибинних штангових насосних установок. Свердловини оснащені високопродуктивними верстатами-качалками з вантажопідйомністю в межах 10–12 тонн.

Продукція свердловин у вигляді газорідинної суміші транспортується викидними колекторами під робочим тиском до вузлів групового збору. На цих пунктах за допомогою автоматизованих вимірювальних установок типу «Супутник» здійснюється облік дебіту рідинної фази, тоді як у блочних сепараційних модулях виконується відокремлення газової складової.

Виділений у процесі сепарації газ через систему промислових газопроводів спрямовується на подальшу переробку на Долинський газопереробний завод. Рідка фаза, що включає нафту та пластову воду, з установок групового збору періодично

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відкачується насосним обладнанням на центральні об'єкти підготовки нафти відповідних ділянок. Крім того, на ці ж споруди після попередньої обробки надходить нафта зі Струтинського та Спаського родовищ, яка транспортується магістральним нафтопроводом «Струтин–Долина».

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ

1.1 Призначення систем резервуарного зберігання і сутність процесу резервування нафти

Кінцевий нафтозбірний пункт призначений для резервування нафти Долинського і Спаського родовища.

Резервування нафти полягає в зневодненні і знесоленні сировини, а також здачі її споживачу.

У продуктивних нафтових горизонтах вуглеводні зазвичай перебувають у спільному заляганні з пластовою водою. У складі видобутої продукції вміст води суттєво варіюється і визначається, зокрема, відстанню до водонафтового контакту поблизу вибою свердловини, змінюючись від незначних величин до десятків відсотків. Пластова вода, своєю чергою, містить розчинені мінеральні солі та механічні домішки.

Наявність води і сольових розчинів у нафті спричиняє низку негативних наслідків: зростання витрат на транспортування, формування стійких емульсій, а також ускладнення процесів переробки на нафтопереробних підприємствах через дестабілізацію технологічних режимів і інтенсифікацію корозійних процесів обладнання. Відповідно до нормативних вимог, товарна нафта повинна характеризуватися обмеженим вмістом домішок — не більше 1 % води та до 40 мг/л хлоридних солей.

З огляду на це, видобута нафта безпосередньо на промислі підлягає спеціальній обробці, що включає процеси зневоднення та знесолення. Сукупність зазначених операцій формує стадію підготовки нафти до подальшого транспортування і переробки.

Найбільш розповсюдженим підходом до руйнування нафтових емульсій у промислових умовах є застосування термохімічних методів. Понад 80 % видобутої нафти піддається обробці саме на автоматизованих блочних термохімічних

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установках. Їх використання обумовлене рядом суттєвих переваг, зокрема стабільністю роботи при значних коливаннях обводненості сировини, а також високою швидкістю впровадження в експлуатацію.

Обладнання таких установок виготовляється у вигляді уніфікованих блоків, які постачаються на нафтовидобувні об'єкти у повністю автоматизованому та налагодженому стані. Монтаж і введення в дію виконуються безпосередньо на місці в стислі терміни, що зазвичай становлять близько 15–20 діб.

На сьогодні сформовано широкий перелік серійного блочного обладнання термохімічних установок заводського виробництва, до якого належать, зокрема, нагрівачі-деемульсатори типів УДО-2М, УДО-3, СП-1000 та інші.

1.2 Характеристика сировини, одержуваних продуктів і реагентів (деемульгаторів)

1.2.1 Сировина

Сировиною для підготовки служить нафта, видобута нафтопромислами м. Долини і с. Спас. (табл.1.1, 1.2).

Таблиця 1.1 - Основні фізико-хімічні властивості долинської нафти

Найменування показника	Значення показника
Густина, кг/м ³	854,8
Пружність парів, кПа	до 15
Температура застигання, °С	+15
Температура спалаху, °С	136 - 150
Вміст води, %	до 10
Вміст солей, мг/л	90000
Вміст механічних домішок, мг/л	0,085

Таблиця 1.2 - Основні фізико-хімічні властивості спаської нафти

Найменування показника	Значення показника
Густина, кг/м ³	841,2
Пружність парів, кПа	до 49,2
Температура застигання, °С	+15
Температура кипіння, °С	120 - 146
Вміст води, %	до 10
Вміст солей, мг/л	85000
Вміст механічних домішок, мг/л	0,08

1.2.2 Деемульгатори

На установці використовується деемульгатор 4411. Деемульгатор - дисольван 4411 (без розчинника) представляє собою практично 100% неіоногенну поверхнево-активну речовину з високою молярною масою (2500 - 3000 кг/кмоль). За кольором 100% - дисольван 4411 темно-червоного кольору (при кімнатній температурі), маслоподібна рідина з температурою застигання +10°C. У воді деемульгатор добре розчинний і як всі речовини такого типу. У водному розчині має визначену температуру помутніння +47°C. Водний розчин деемульгатора при його застосуванні не рекомендується нагрівати до температури помутніння у воді.

Також на установці використовується деемульгатор ПМ, який має температуру посвітління 10% розчину в 5% розчині NaCl в межах 40-50°C. Кінематична в'язкість при 20°C в межах $(65-85) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Масова частка активної речовини в межах 48-52%.

1.2.3 Паливо

В якості палива на установці використовується природний газ з таким хімічним складом, % об: $\text{CH}_4=85.87$, $\text{C}_2\text{H}_6=5.98$, $\text{C}_3\text{H}_8=2.73$, $\text{C}_4\text{H}_{10}=0.73$, $\text{C}_5\text{H}_{12}=0.19$, $\text{CO}_2=4.5$. Теплота згоряння 35734,34 кДж/м³.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.4 Готова продукція

Готова товарна нафта має такі фізико-хімічні показники (табл.1.3).

Таблиця 1.3 - Основні фізико-хімічні властивості долинської нафти

Найменування показника	Значення показника
Густина, кг/м ³	854,3
Пружність парів, кПа	21,679
Температура застигання, °С	+10
Температура спалаху, °С	85 - 98
Вміст води, %	до 0,5
Вміст солей, мг/л	до 15-900
Вміст механічних домішок, мг/л	0,05

Таблиця 1.4 - Основні фізико-хімічні властивості спаської нафти

Найменування показника	Значення показника
Густина, кг/м ³	843.3
Пружність парів, кПа	245
Температура застигання, °С	+6
Температура спалаху, °С	67-80
Вміст води, %	до 0,1-0,3
Вміст солей, мг/л	до 15-900
Вміст механічних домішок, мг/л	0,05

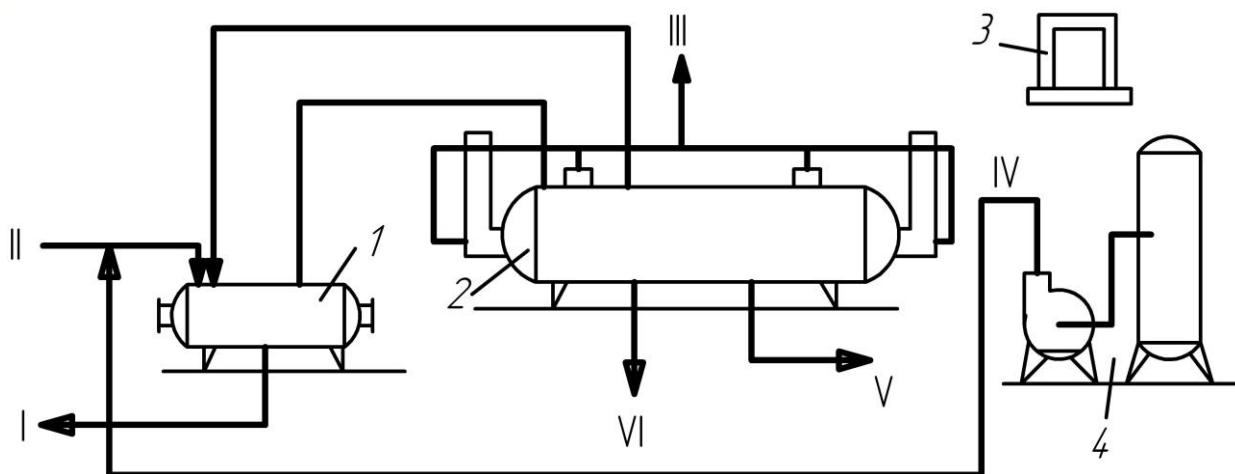
1.3 Аналіз технологічної схеми установки кінцевої підготовки

Установка типу УДО-2М (рис. 1.1) має модульну структуру та включає такі основні функціональні вузли: теплообмінний блок 1, блок нагрівання та відстоювання 2, систему локальної автоматики 3, а також вузол підготовки і дозування реагенту 4. Перед надходженням у теплообмінник у потік водонафтової суміші за допомогою насоса вводиться деемульгуюча речовина. Після попереднього теплообміну суміш спрямовується до блоку нагрівання і відстоювання.

На рисунку 1.2 представлено конструкцію блоку нагрівання та відстоювання,

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

який є об'єктом подальшого аналізу. Даний апарат виконаний у вигляді горизонтальної ємності, внутрішній об'єм якої розділений перегородками на три окремі секції.



VI - відділена вода; II - водонафтова емульсія; I - вода з теплообмінника; III - газ;
V - промивна вода; IV - деємульгатор

Рисунок 1.1 - Структурно-технологічна схема блочної установки деємульсації нафти типу УДО-2М

У першій та другій секціях апарата розміщені трубчасті нагрівальні елементи, всередині яких змонтовані інжекційні газові пальники. Потік водонафтової суміші спочатку надходить у перший відсік, де відбувається її підігрів приблизно до 90 °С, що забезпечує початкову стадію виділення води. Відокремлена вода акумулюється в нижній частині секції та періодично відводиться на подальше очищення. Після часткового зневоднення нафта через переливний трубопровід переміщується до другого відсіку, в якому реалізується подібний термохімічний вплив, спрямований на подальше зменшення вмісту води в продукті. З другого відсіку нафта по перфорованій трубі поступає в третій відсік, де проходить через шар несмолянистої деревини і остаточно зневоднюється.

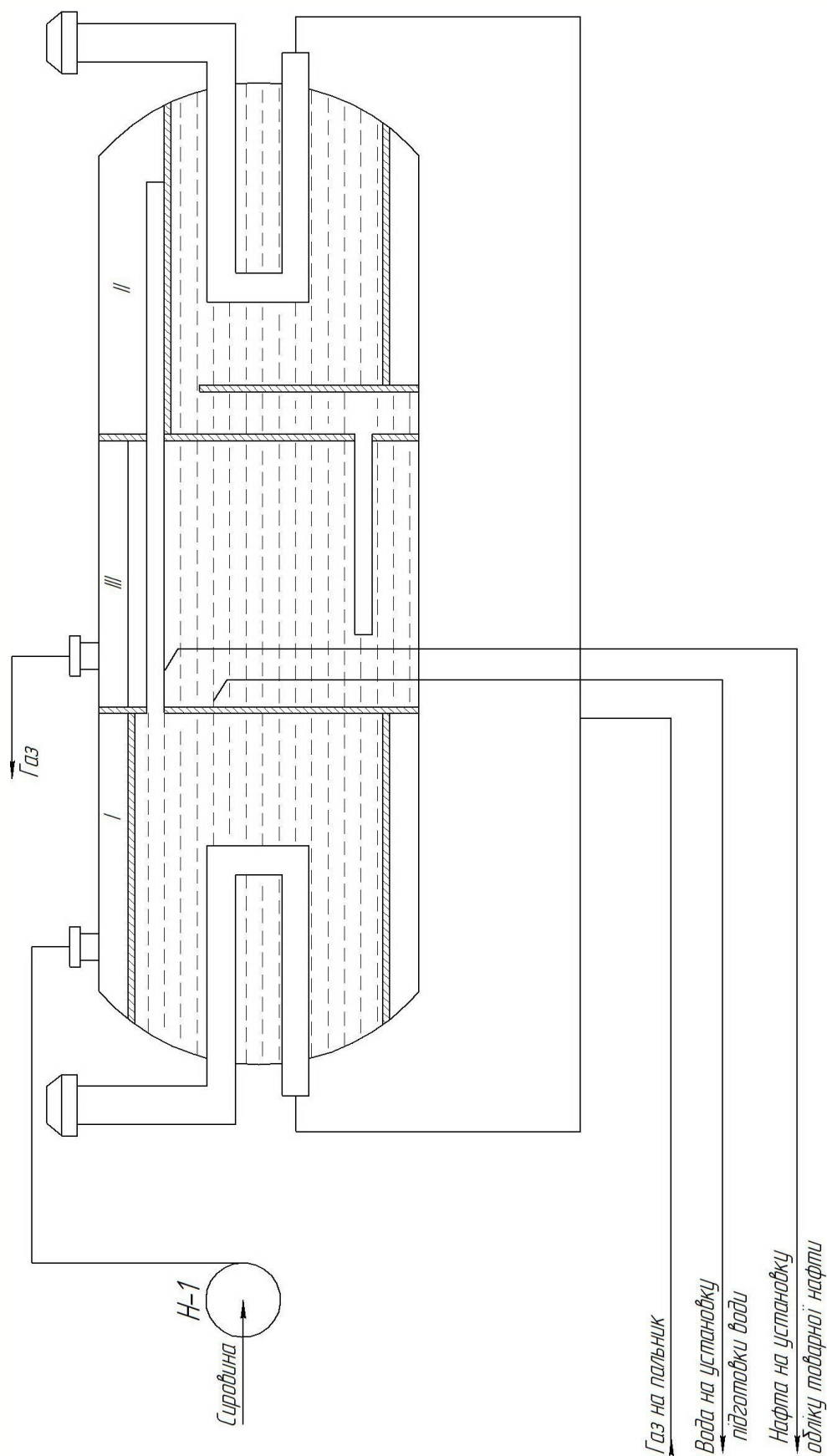


Рисунок 1.2 - Функціонально-структурна схема автоматизованого керування процесами нагрівання та відстоювання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ

Підігріта і частково зневоднена нафта надходить у теплообмінник 1, де передає тепло зустрічному потоку сирої нафти, охолоджується та спрямовується на установку обліку товарного продукту. Для проведення знесолення у спеціальному пристрої зневоднену нафту змішують із прісною водою, утворюючи штучну емульсію. Ця емульсія потім піддається руйнуванню в установці УДО-2М, при цьому виділена вода промиває нафту, розчиняє мінеральні солі та відводиться. Газ, що виділяється під час нагрівання емульсійної суміші, спрямовується на компресорну станцію. Частина цього газу після очищення використовується як паливо для інжекційних пальників установки УДО-2М.

1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування

Технічна характеристика основного обладнання наведена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Технічна характеристика та функціональні особливості обладнання

Умовні позначення технологічного обладнання	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Матеріал обладнання	Характеристика обладнання
УДО-2М	Установка деемульсаційна	1	Сталь	Продуктивність 1500 м ³ /добу, P=0,6 МПа, t=90°C, L=17,2м, d=4,4мм, h=11,43м, m=53568кг

1.5 Визначення та обґрунтування ключових параметрів систем керування

Контроль і керування процесом зберігання нафти будуть реалізовані за допомогою автоматизованої системи управління. Сенсори та прилади для вимірювання технологічних параметрів розміщені безпосередньо на апараті, тоді як

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

регулятори інтегровані в шафу керування модуля. У таблиці 1.6 представлені ключові параметри, що підлягають регулюванню на даній установці.

1.5.1 Температура в першому відстійнику

Температура в першому відстійнику установки має велике значення так як від неї залежить швидкість проходження термохімічного процесу (зневоднення). Крім того, вона має підтримуватись на певному рівні бо при відхиленні її від норми деемульгатор втрачає свої властивості. Температура регулюється автоматичним клапаном, який встановлений на лінії вводу природного газу.

1.5.2 Температура в другому відстійнику

Дана температура має аналогічне значення для процесу як і попередня і регулюється аналогічно, як і в першому відсіку.

1.5.3 Рівень рідини в третій секції

Рівень рідини необхідно регулювати для, того щоб не було явища переповнення і спорожнення установки. Регулювання рівня здійснюється автоматичним клапаном, встановленим на лінії подачі нафтоемульсійної суміші.

Встановлені величини ключових параметрів контролю та регулювання наведені в таблиці 1.6

Таблиця 1.6 - Норми і величини параметрів системи контролю та управління

Тип параметру	Вимірювані одиниці	Діапазон параметру
Температура в першому відстійнику	°C	55-65
Температура в другому відстійнику	°C	95-105
Робочий тиск	МПа	0,9
Рівень рідини в першому відстійнику	м	8
Рівень в третьому відстійнику	м	7,7-8,1

1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу

Постійне підвищення вимог до якості, надійності і безпеки систем

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моніторингу і керування технологічними процесами переробки, приготування, збереження нафтопродуктів і відпуску їх споживачам - характерна риса сучасного виробництва. Ця обставина приводить до необхідності постійно модернізувати відповідні інформаційно-керуючі системи. При цьому, якщо експлуатаційні особливості, точність роботи і надійність вузлів системи, що є об'єктами контролю і керування (давачі, сигналізатори, насоси, заслінки і т.п.), не будуть відповідати функціональним і комутаційним можливостям пристроїв мікропроцесорної техніки (контролери, робочі й операторські станції і т.п.), то розраховувати на істотне поліпшення властивостей модернізованої системи не приходиться.

Отже на основі вищенаведених даних можемо сказати, що в кваліфікаційній роботі необхідно розробити систему автоматизації резервування в умовах НГВУ «Долина нафтогаз».

Для всієї установки пропонуємо систему автоматизації на базі мікропроцесорних контролерів «МК-51» та сучасних давачів температури, тиску, витрати, рівня. Ця система дозволить безперервно та швидко контролювати та регулювати параметри технологічного процесу.

Висновки до розділу

У цьому розділі проведено комплексний аналіз технологічного процесу остаточної підготовки нафти як об'єкта автоматизації. Особливу увагу приділено процесу деемульсації, який полягає у видаленні з нафти води та розчинених солей під час проходження термохімічних реакцій.

Метою впровадження автоматизованої системи керування (АСК) у процес підготовки нафти є забезпечення точного контролю технологічних параметрів, таких як температура, тиск, рівень і витрата.

Аналіз показує, що характер і стабільність цього процесу дозволяють ефективно застосовувати мікропроцесорну техніку для комплексного управління всіма ключовими технологічними параметрами.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1 Опис об'єкта автоматичного управління та схема його функціональних зв'язків

Основною операцією у всьому циклі резервування нафти є відділення від нафти солей і води.

Технологічний процес резервування нафти забезпечує наступне обладнання: резервуари - для зберігання нафти, яка поступає на установку або виходить з неї, деякі з них використовують для відстою води, сепаратор - призначений для часткового відділення води від нафти при вході на пункт кінцевої підготовки, апарати УДО-2М, УД1500, СП1000, СП1000А призначені для кінцевої обробки нафти і відділення від неї води та солей. Основну роль в даному процесі відіграють деемульсаційні установки від яких і залежить кінцева якість нафти.

Керування об'єктом здійснюється шляхом підтримання керованих параметрів на заданому рівні або цілеспрямована їх зміна відповідно з певним критерієм керування.

До вхідних параметрів об'єкта керування відносяться керуючі (регулюючі) та збурюючі впливи - збурення.

Керуючі (регулюючі) впливи є результатом дії керуючого пристрою або регулятора. Вони направлені на підтримку в об'єкті керування потрібного технологічного режиму або значення параметра. Керуючі (регулюючі) впливи забезпечуються через виконавчий пристрій чи регулюючий орган.

Збурюючі впливи є входами об'єкта керування, які не залежать від роботи керуючих пристроїв (регуляторів) даного об'єкта. Збурення є шкідливим впливом, що виводить об'єкт керування із нормального чи заданого режиму роботи.

Продуктивність установки при обводненій водонафтовій емульсії 30 % - до 2000 т/доб. Як бачимо, з проведеного вище аналізу, основним завданням системи керування установкою є підтримання відповідної температури в двох секціях

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установки.

Контроль та регулювання температури будемо здійснювати за допомогою регулювання витрати палива, оскільки інші фактори не так суттєво впливають на температуру.

Аналіз установки як об'єкта керування приведений на рисунку 2.1.

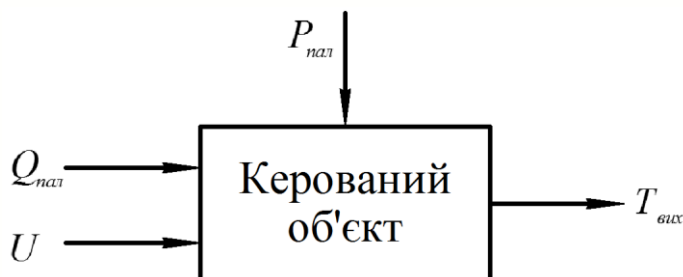


Рисунок 2.1 - Структурна схема керованого об'єкта

Основним регулюючим впливом є витрата горючої суміші, тобто витрати палива $Q_{пал}$. Збурюючим впливом є тиск $P_{пал}$ під яким подається паливо. До вихідної координати відноситься $T_{вих}$ - температура в відповідному відстійнику установки, яка повинна знаходитися в межах: 55 - 65°C і 95 - 105°C.

2.2 Формування мети регулювання та вимог до автоматичної системи

Метою регулювання даного процесу є підтримання температури в певних межах.

При цьому певну температуру слід якісно підтримувати з мінімальною витратою палива. Тепло одержують за рахунок спалювання газу, тому керуючим впливом буде подача газу.

Для оптимальності процесу регулювання вибирають такі показники якості регулювання:

- а) похибка апроксимації $S \leq 2,5\%$;
- б) перерегулювання $\delta \leq (30 \div 40)\%$;
- в) тривалість перехідного процесу.

2.3 Експериментальне дослідження динаміки об'єкта

У звичайних умовах експлуатації об'єкти керування здебільшого функціонують у несталих, перехідних або динамічних режимах, тоді як сталий (статичний) режим трапляється лише як окремий випадок динамічної поведінки.

Для опису об'єкта в динамічному режимі застосовується динамічна математична модель, яка відображає взаємозв'язки між його параметрами під час змін стану.

Математичну модель керованого об'єкта можна отримати як аналітичними методами, так і експериментально-статистичними підходами. Експериментальні методи, у свою чергу, поділяються на детерміновані (закономірні) та ймовірні (статистичні) способи.

Динамічні характеристики об'єкта регулювання визначаються за допомогою математичного моделювання технологічного процесу або шляхом експериментального зняття його кривої розгону.

Математичне описання об'єктів регулювання, особливо технологічних, часто є складним завданням або можливе лише з істотними наближеннями. У таких випадках доцільно будувати математичну модель окремих елементів у вигляді передавальної функції на основі експериментально отриманих даних. Найчастіше для цього визначають перехідну характеристику об'єкта (криву розгону) і за її допомогою формують передавальну функцію.

Неминуче виникають похибки як при знятті експериментальної характеристики, так і при її апроксимації передавальною функцією. Проте в більшості випадків ці відхилення залишаються допустимими для інженерних розрахунків.

Процес експериментального дослідження промислового об'єкта включає три основні етапи: планування та підготовку експерименту, його проведення, а також обробку отриманих даних, що полягає у згладжуванні перехідної характеристики та її апроксимації.

У рамках цього проекту для визначення динамічних властивостей об'єкта

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується крива розгону - результат активного експерименту, проведеного на НГВУ «Долинанафтогаз» під час запуску установки в роботу. На основі цієї кривої здійснюється оцінка динамічних характеристик об'єкта.

Результати експерименту по основному (витрата палива - температура у відстійнику) та допоміжному (відкриття регулюючого органу - витрата палива) каналах регулювання приведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Результати експерименту по основному і допоміжному каналах

$t, \text{с}$	%, ВХ	$T_{\text{вих}}, ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{пал}}, \text{м}^3/\text{Год}$
0	12	0	20,0
50	12	0	27,60
100	12	8,55	32,40
150	12	25,11	35,40
200	12	36,9	37,60
250	12	51,66	38,60
300	12	61,2	39,20
350	12	66,87	39,40
400	12	73,8	39,60
450	12	78,12	39,80
500	12	82,8	39,80
550	12	86,4	39,80
600	12	87,3	40,0
650	12	89,1	40,0
700	12	90	40,0
750	12	90	40,0

На основі інформації, наведеної в таблиці 2.1, сформовано експериментальні перехідні характеристики об'єкта для основного та допоміжного каналів регулювання (рисунки 2.2 та 2.3).

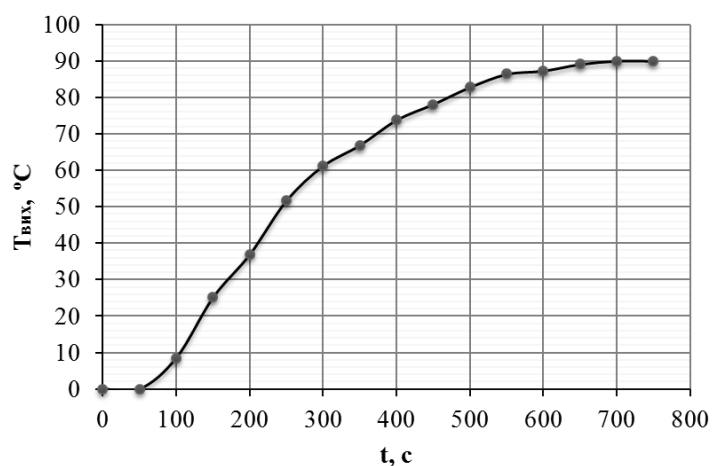


Рисунок 2.2 - Експериментально визначена динамічна крива основного каналу

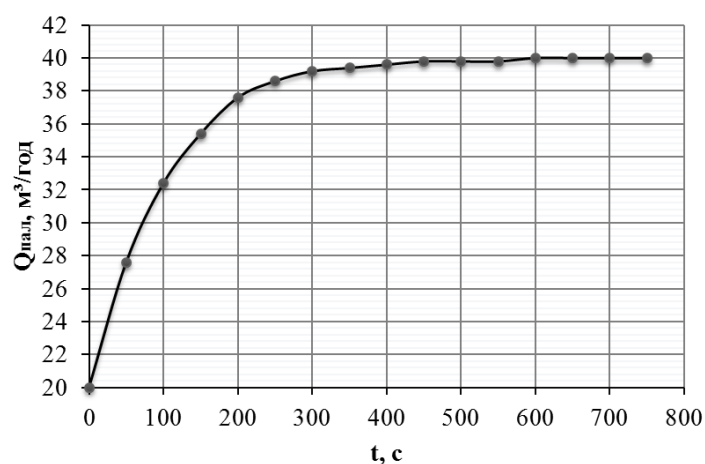


Рисунок 2.3 - Експериментально визначена динамічна крива допоміжного каналу

Для подальшого дослідження системи характеристику приводять до безрозмірного вигляду за наведеними формулами:

$$X_{\text{exi}}^* = \frac{X_{\text{exi}} - X_{\text{ex0}}}{X_{\text{ex max}} - X_{\text{ex0}}}, \quad Y_{\text{vixi}}^* = \frac{Y_{\text{vixi}} - Y_{\text{vix0}}}{Y_{\text{vix max}} - Y_{\text{vix0}}}, \quad (2.1)$$

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

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

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

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

Проведемо розрахунок для основного каналу:

$$x_{ex} = 1;$$

$$y_{вих0} = \frac{0-0}{90-0} = 0;$$

$$y_{вих2} = \frac{8.55-0}{90-0} = 0.095;$$

$$y_{вих4} = \frac{36.9-0}{90-0} = 0.41;$$

$$y_{вих6} = \frac{61.2-0}{90-0} = 0.68;$$

$$y_{вих8} = \frac{73.8-0}{90-0} = 0.82;$$

$$y_{вих10} = \frac{82.8-0}{90-0} = 0.92;$$

$$y_{вих12} = \frac{87.3-0}{90-0} = 0.97;$$

$$y_{вих14-15} = \frac{90-0}{90-0} = 1.$$

$$y_{вих1} = \frac{0-0}{90-0} = 0;$$

$$y_{вих3} = \frac{25.11-0}{90-0} = 0.279;$$

$$y_{вих5} = \frac{51.66-0}{90-0} = 0.574;$$

$$y_{вих7} = \frac{66.87-0}{90-0} = 0.743;$$

$$y_{вих9} = \frac{78.12-0}{90-0} = 0.868;$$

$$y_{вих11} = \frac{86.4-0}{90-0} = 0.96;$$

$$y_{вих13} = \frac{89.1-0}{90-0} = 0.99;$$

Отримані результати узагальнюємо та подаємо у вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Безрозмірні значення експериментальної кривої основного каналу регулювання

t, c	x_{ex}	$y_{вих}$	t, c	x_{ex}	$y_{вих}$
0	1	0	400	1	0,82
50	1	0	450	1	0,868
100	1	0,095	500	1	0,92
150	1	0,279	550	1	0,96
200	1	0,41	600	1	0,97
250	1	0,574	650	1	0,99
300	1	0,68	700	1	1
350	1	0,743	750	1	1

На підставі таблиці 2.2 створюється експериментальна перехідна характеристика в безрозмірних одиницях (рисунок 2.4).

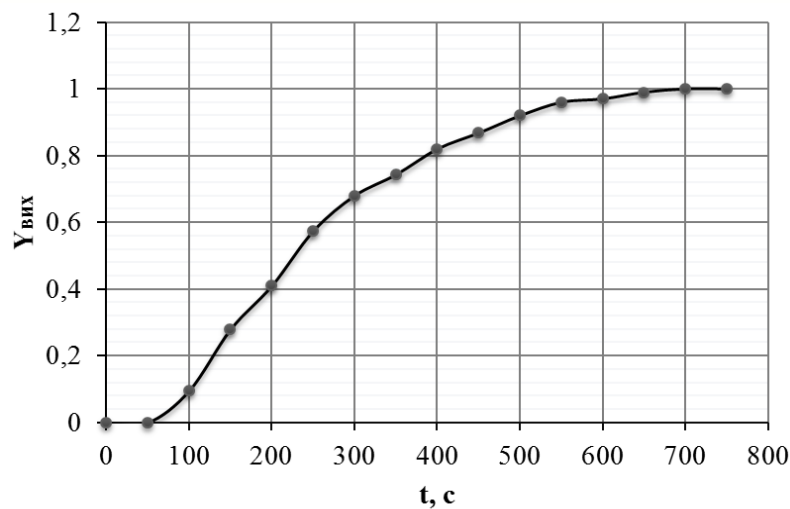


Рисунок 2.4 - Експериментальна перехідна характеристика основного каналу в безрозмірних одиницях

Застосовуючи програму Аргох, проводиться апроксимація, яка дає передавальну функцію такого вигляду

$$W(p) = \frac{-27.165p + 1}{16176.296p^2 + 232.067p + 1}. \quad (2.2)$$

Максимальна похибка апроксимації в точці $t = 350$ с рівна 2,00% (додаток А1).

За тим же методом здійснюється апроксимація кривої допоміжного каналу, після чого проводиться розрахунок параметрів:

$$y_{вих0} = \frac{20 - 20}{40 - 20} = 0;$$

$$y_{вих1} = \frac{27.6 - 20}{40 - 20} = 0.38;$$

$$y_{вих2} = \frac{32.4 - 20}{40 - 20} = 0.62;$$

$$y_{вих3} = \frac{35.4 - 20}{40 - 20} = 0.77;$$

$$y_{вих4} = \frac{37.6 - 20}{40 - 20} = 0.88;$$

$$y_{вих5} = \frac{38.6 - 20}{40 - 20} = 0.93;$$

$$y_{вих6} = \frac{39.2 - 20}{40 - 20} = 0.96;$$

$$y_{вих7} = \frac{39.4 - 20}{40 - 20} = 0.97;$$

$$y_{вих8} = \frac{39.6 - 20}{40 - 20} = 0.98;$$

$$y_{вих9-11} = \frac{39.8 - 20}{40 - 20} = 0.99;$$

$$y_{вих12-15} = \frac{40 - 20}{40 - 20} = 1;$$

$$x_{ex} = 1.$$

Для наочності результати обчислень представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Експериментально визначена перехідна характеристика допоміжного каналу у безрозмірних величинах

t, c	x_{ex}	$y_{вих}$	t, c	x_{ex}	$y_{вих}$
0	1	0	400	1	0,98
50	1	0,38	450	1	0,99
100	1	0,62	500	1	0,99
150	1	0,77	550	1	0,99
200	1	0,88	600	1	1
250	1	0,93	650	1	1
300	1	0,96	700	1	1
350	1	0,97	750	1	1

Використовуючи інформацію з таблиці 2.3, будуюмо експериментальну криву перехідного процесу у безрозмірних величинах для каналу витрати теплоносія в колону (рисунок 2.5).

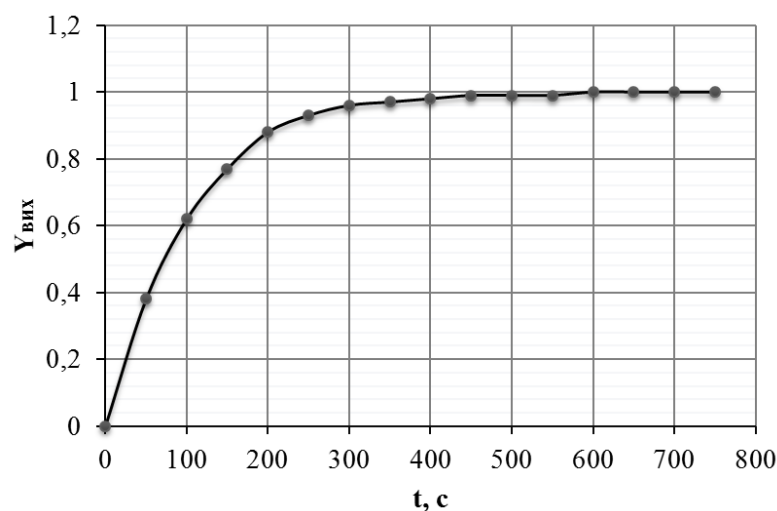


Рисунок 2.5 - Експериментальна перехідна характеристика допоміжного каналу у безрозмірній формі

За допомогою програмного комплексу Arrox проводимо апроксимацію, що дозволяє отримати передавальну функцію наступної форми:

$$W(p) = \frac{1}{100.333p + 1}. \quad (2.3)$$

Максимальна похибка апроксимації в точці $t = 200$ с рівна 1,7% (додаток А2).

Висновки до розділу

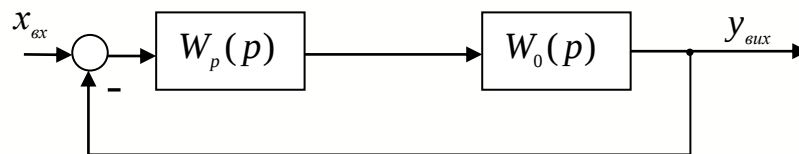
У цьому розділі здійснено вибір та обґрунтування об'єкта управління, а також побудовано його структурну схему з позицій автоматизації. Проведено апроксимацію експериментально отриманих даних, здобутих в процесі активного експерименту. На основі цих даних за допомогою електронно-обчислювальної машини визначено передавальні функції об'єкта як для допоміжного, так і для основного каналу регулювання.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

3.1 Визначення характеристик та параметрів одноконтурної системи автоматизованого керування

На рисунку 3.1 представлено узагальнену функціональну схему апарата при реалізації одноконтурної системи автоматизованого керування.



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

Рисунок 3.1 - Логіко-алгоритмічна модель одноконтурної системи автоматизованого керування

Розглянутий об'єкт належить до типу самовирівнюючих систем і функціонує за умов повного навантаження. Для досягнення необхідних показників якості регулювання, забезпечення сприятливих характеристик перехідного процесу та підвищення стійкості системи було прийнято рішення застосувати регулятор із ПІ-законом регулювання.

Передавальна функція такого регулятора у загальному вигляді має вигляд:

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

Визначимо параметри регулятора C_0 і C_1 . Знайдемо передавальну функцію замкнутої системи.

Передавальна функція розімкненої системи має вид:

$$W_{роз}(p) = \frac{-27.165p + 1}{16176.296p^2 + 232.067p + 1} \cdot W_p(p); \quad (3.2)$$

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{роз}(p) = \frac{-27.165p + 1}{16176.296p^2 + 232.067p + 1} \cdot \frac{C_1p + C_0}{p} =$$

$$= \frac{(-27.165p + 1)(C_1p + C_0)}{16176.296p^3 + 232.067p^2 + p}.$$

Тоді передавальна функція замкнутої системи, структурна схема якої зображена на рисунку 3.1, буде мати вигляд:

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

$$W_{зам}(p) = \frac{\frac{(-27.165p + 1)(C_1p + C_0)}{16176.296p^3 + 232.067p^2 + p}}{1 + \frac{(-27.165p + 1)(C_1p + C_0)}{16176.296p^3 + 232.067p^2 + p}} =$$

$$= \frac{(-27.165p + 1)(C_1p + C_0)}{16176.296p^3 + 232.067p^2 + p + (-27.165p + 1)(C_1p + C_0)}.$$

Вибір параметрів регулятора проводимо за допомогою функції Tune в налаштуваннях регулятора програми MatLAB. Згідно з додатком Б1 отримаємо: $K_p = C_1 = 0.7304$, $K_i = C_0 = 0.004004$.

Тоді:

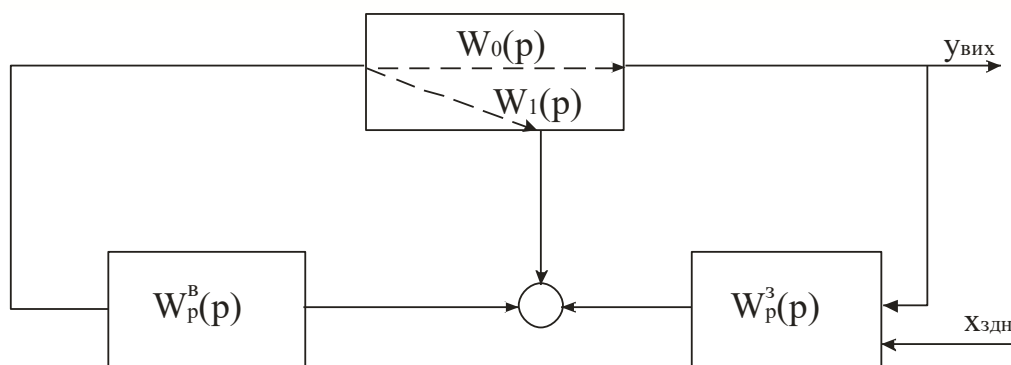
$$W_{зам}(p) = \frac{-19.84p^2 + 0.6217p + 0.004004}{16176.296p^3 + 212.227p^2 + 1.6217p + 0.004004}.$$

3.2 Визначення характеристик та параметрів каскадної системи автоматизованого керування

Для побудови системи автоматизованого керування до основного контуру вводиться допоміжний контур з низькою інерційністю, що відповідає за регулювання витрати палива.

На рисунку 3.2 наведено структурно-алгоритмічну схему каскадної системи автоматизованого керування.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$W_0(p)$ - передавальна функція по основному каналу; $W_1(p)$ - передавальна функція по допоміжному каналу; $W_p^e(p)$ - передавальна функція внутрішнього регулятора;

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

Рисунок 3.2 - Алгоритмічна структура каскадної АСК

Розрахунок каскадної АСК почнемо з основного регулятора.

Передавальна функція для даного об'єкта має вид:

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

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

$$W_0(p) = \frac{-27.165p + 1}{16176.296p^2 + 232.067p + 1}.$$

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

$$W_1(p) = \frac{1}{100.333p + 1}.$$

Припустимо, що робоча частота основного контуру W_p' набагато менша, ніж допоміжного W_p'' . Тоді при $W = W_p'$ справедливою буде нерівність:

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

Враховуючи (3.5) можна записати, що $W_e' = \frac{W_0(p)}{W_1(p)}$. Враховуючи значення

$W_0(p)$ і $W_1(p)$, отримаємо:

$$W_e'(p) = \frac{\frac{-27.165p + 1}{16176.296p^2 + 232.067p + 1}}{\frac{1}{100.333p + 1}} = \frac{-2725.5459p^2 + 73.168p + 1}{16176.296p^2 + 232.067p + 1}.$$

Розрахунок параметрів налаштування регулятора виконаємо за допомогою функції Tune в програмі налаштування контролера (Matlab).

В якості регулятора вибираємо ПІ-регулятор.

Згідно з додатком Б2 отримаємо $K_p = C_1 = 1,517$, $K_i = C_0 = 0,01051$.

Передавальна функція основного регулятора матиме вигляд:

$$W_p^3(p) = \frac{1,517p + 0,01051}{p}. \quad (3.6)$$

Приводимо розрахунок для допоміжного каналу регулювання:

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

Підставляючи отримані значення одержимо:

$$W_e''(p) = \frac{-27.165p + 1}{16176.296p^2 + 232.067p + 1} \cdot \frac{1,517p + 0,01051}{p} + \frac{1}{100.333p + 1} = \frac{12041.6428p^3 + 314.4174p^2 + 3.286p + 0.01051}{1623016.3066p^4 + 39460.274p^3 + 332.4p^2 + p}.$$

Виконаємо визначення оптимальних параметрів налаштування ПІ-регулятора із використанням функції Tune у програмному середовищі Matlab для налаштування контролера. Згідно з роздруківкою результатів, наведеною в додатку Б3, отримано такі оптимальні значення параметрів:

$$W_p^e(p) = \frac{87.47p + 11.07}{p}.$$

Визначимо еквівалентну передавальну функцію каскадної системи автоматичного регулювання.

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

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставимо передавальні функції W_p^3, W_0, W_1, W_p^6 і після всіх алгебраїчних перетворень і зведення доданків отримаємо:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{-361658.1153p^4 - 38567.424p^3 + 1111.5746p^2 + 26.22p + 0.116}{1623016.31p^5 + 1092742.77p^4 + 161135.47p^3 + 3769.026p^2 + 37.29p + 0.116}.$$

3.3 Аналіз стійкості одноконтурної системи автоматичного регулювання

Відповідно до критерію Михайлова, автоматична система керування, описувана рівнянням n-го порядку, вважається стійкою за умови, що годограф Михайлова проходить через n квадрантів.

Запишемо характеристичний поліном:

$$F(p) = 16176.296p^3 + 212.227p^2 + 1.6217p + 0.004004.$$

Приймемо рівняння даного полінома рівним нулю:

$$16176.296p^3 + 212.227p^2 + 1.6217p + 0.004004 = 0.$$

Зробимо підстановку $p = j\omega$:

$$-16176.296j\omega^3 - 212.227\omega^2 + 1.6217j\omega + 0.004004 = 0.$$

Виділимо дійсну та уявну частини:

$$P(\omega) = -212.227\omega^2 + 0.004004;$$

$$Q(\omega) = -16176.296\omega^3 + 1.6217\omega.$$

Для побудови годографа Михайлова використаємо програмний пакет Mathcad (Додаток В1). Як бачимо годограф проходить три квадранти, що задовольняє умовам критерію Михайлова, отже, згідно критерію Михайлова система стійка.

3.4 Аналіз стійкості каскадної системи автоматичного регулювання

Запишемо характеристичний поліном:

$$F(p) = 1623016.31p^5 + 1092742.77p^4 + 161135.47p^3 + 3769.026p^2 + 37.29p + 0.116.$$

Приймемо рівняння даного полінома рівним нулю:

$$1623016.31p^5 + 1092742.77p^4 + 161135.47p^3 + 3769.026p^2 + 37.29p + 0.116 = 0.$$

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зробимо підстановку $p = j\omega$:

$$1623016.31j\omega^5 + 1092742.77\omega^4 - 161135.47j\omega^3 - 3769.026\omega^2 + 37.29j\omega + 0.116 = 0.$$

Виділимо дійсну та уявну частини:

$$P(\omega) = 1092742.77\omega^4 - 3769.026\omega^2 + 0.116;$$

$$Q(\omega) = 1623016.31\omega^5 - 161135.47\omega^3 + 37.29\omega.$$

Для побудови годографа Михайлова використаємо програмний пакет Mathcad (Додаток В2). Як бачимо годограф проходить п'ять квадрантів, що задовольняє умовам критерію Михайлова, отже, згідно критерію Михайлова система стійка.

3.5 Аналіз показників ефективності управління на основі перехідних характеристик

Для оцінки якості перехідного процесу побудуємо перехідну характеристику одноконтурної системи керування. Дану побудову виконаємо за допомогою програмного пакету Matlab і його компонента Simulink (рис. 3.3).

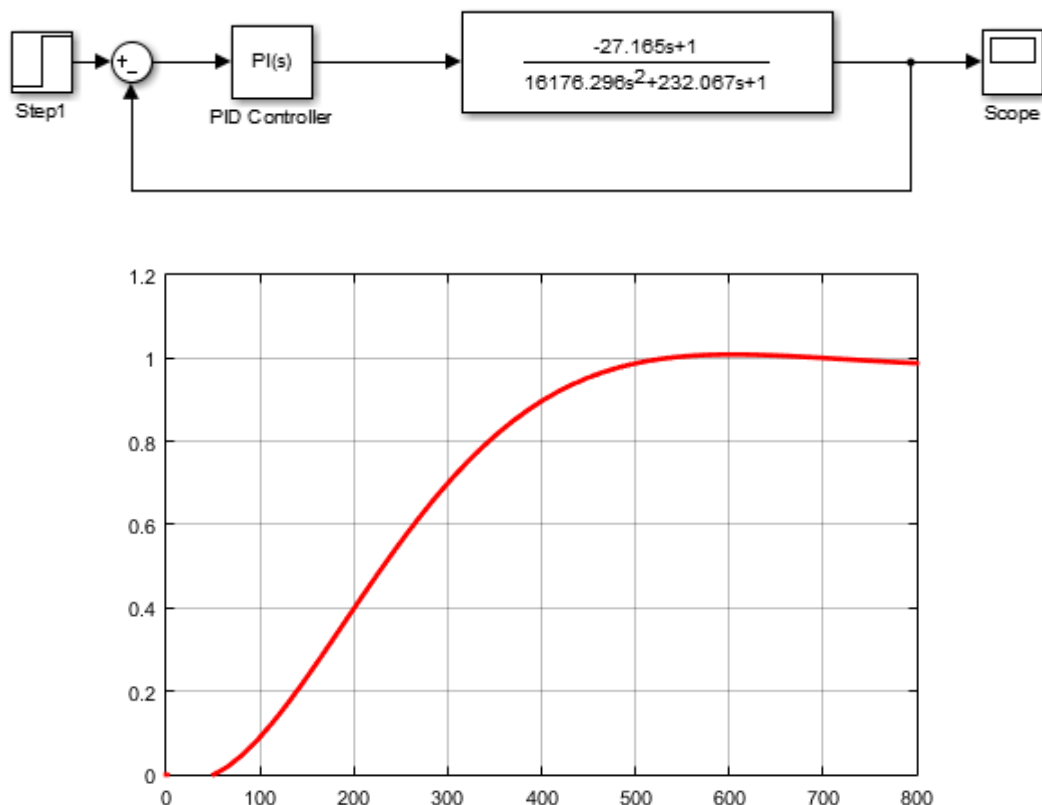


Рисунок 3.3 - Моделювання перехідної характеристики в Matlab

Для оцінки якості системи використовується такі показники:

- час перехідного процесу:

$$t_n = 500 \text{ с;}$$

- величина перерегулювання:

$$\delta = \frac{x_{\max} - x_{\infty}}{x_{\infty}} \cdot 100\% = \frac{1,0 - 1,0}{1,0} \cdot 100\% = 0\%;$$

Аналогічно для каскадної системи побудуємо перехідну характеристику. Дану побудову виконаємо за допомогою програмного пакету Matlab, і його компонент Simulink (рис. 3.4).

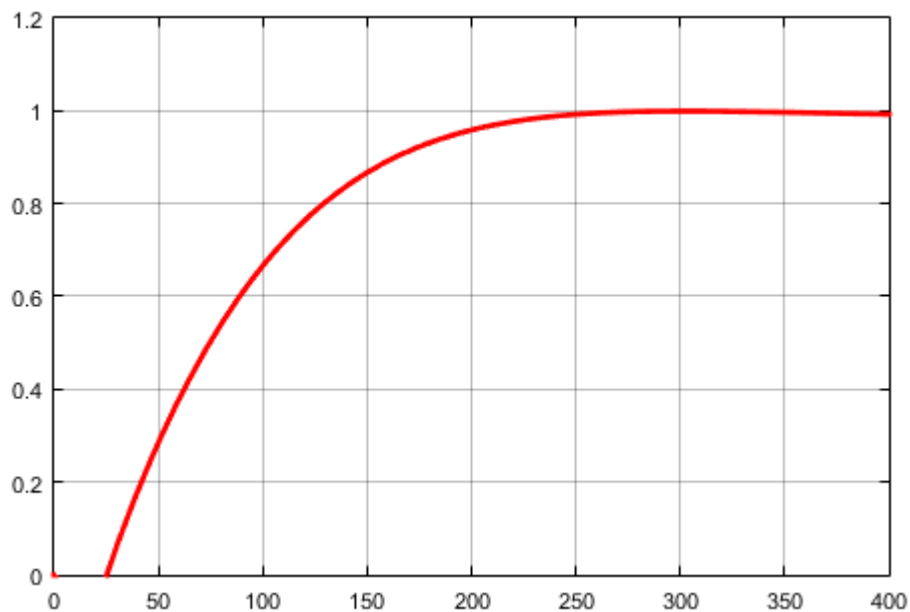
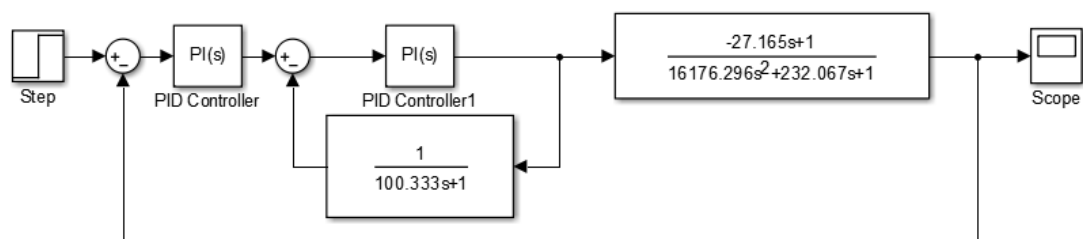


Рисунок 3.4 - Імітаційне дослідження перехідного процесу за допомогою Matlab

Показники якості системи:

- тривалість перехідного процесу:

$$t_n = 250 \text{ с;}$$

- перерегулювання:

$$\delta = \frac{x_{\max} - x_{\infty}}{x_{\infty}} \cdot 100\% = \frac{1,0 - 1,0}{1,0} \cdot 100\% = 0\%.$$

Висновки до розділу

У цьому розділі здійснено комплексний аналіз автоматизованої системи керування. Було досліджено дві конфігурації керування: одноконтурну та каскадну. Проведено розрахунок параметрів налаштування регуляторів для обох типів систем із використанням програмного середовища Matlab.

Оцінка стійкості системи за критерієм Михайлова засвідчила, що всі розглянуті схеми є стійкими. Для визначення якісних показників регулювання було виконано моделювання систем керування в Matlab та отримано відповідні перехідні характеристики.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗВИТОК SCADA-СИСТЕМИ

Процес проектування системи візуалізації для установки деємульсації розпочався з формування загальної концепції інтерфейсу в середовищі розробки AVEVA InTouch. Основним завданням було створення інтуїтивно зрозумілої мнемосхеми, яка б відповідала принципам ситуаційної обізнаності та мінімізувала когнітивне навантаження на оператора. Для цього було обрано нейтральну сіру кольорову гаму фону, що дозволяє виділити активні елементи та аварійні сигнали без зайвого візуального шуму. Структурно екран розділений на три функціональні зони: заголовок із системною інформацією, центральну область із технологічною схемою та праву панель моніторингу параметрів і керування.

У центральній частині вікна реалізовано графічну модель деємульсатора та допоміжного обладнання. Для побудови апарата використано стандартні графічні примітиви з градієнтною заливкою, що додає об'єму та реалістичності зображенню. Внутрішній простір апарата оснащено динамічною анімацією заповнення, яка в реальному часі відображає рівні розподілу нафтової та водної фаз. Трубопровідна обв'язка виконана з дотриманням кольорового кодування згідно з галузевими стандартами: жовтий колір відповідає за лінії сировини та газу, синій - за дренажну воду, а коричневий - за товарну нафту. Для зображення арматури, теплообмінників та засувок було залучено відповідну бібліотеку, що забезпечило професійний вигляд графічних елементів та спростило їх подальшу прив'язку до бази даних.

Функціональність інтерфейсу базується на детально опрацьованому словнику тегів. Кожен графічний об'єкт пов'язаний із відповідною змінною, яка отримує дані від контролерів через протокол Modbus. Для кожного параметра, як температура у відсіках або тиск газу, налаштовано діапазони вимірювання та аварійні межі (Alarm Limits). Це дозволило реалізувати інтерактивну систему сповіщень: при виході параметра за межі норми значення на панелі змінює колір на червоний і починає мигтіти, що миттєво привертає увагу персоналу. Наприклад, на розробленій панелі чітко видно перевищення тиску газу (110%), що візуально виділяється серед інших

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабільних показників.

Права частина екрана слугує пультом дистанційного керування, де розміщено цифрові індикатори та гістограми. Тут оператор має можливість не лише спостерігати за поточними значеннями (PV), а й змінювати уставки (SP) та перемикати режими роботи контурів регулювання між автоматичним та ручним. Інтерактивність забезпечується за допомогою Action-скриптів, які обробляють кліки користувача та виконують логічні операції. Крім того, передбачено навігаційний блок для швидкого переходу до вікон трендів, журналів тривог та процедури авторизації користувачів.

Завершальним етапом розробки стало налаштування системних скриптів, які відповідають за стабільну роботу додатка, архівацію даних та зв'язок із сервером. Створена SCADA-система забезпечує повний контроль над технологічним процесом деемульсації, поєднуючи в собі високу інформативність та надійність керування, що є критично важливим для об'єктів нафтогазової галузі.

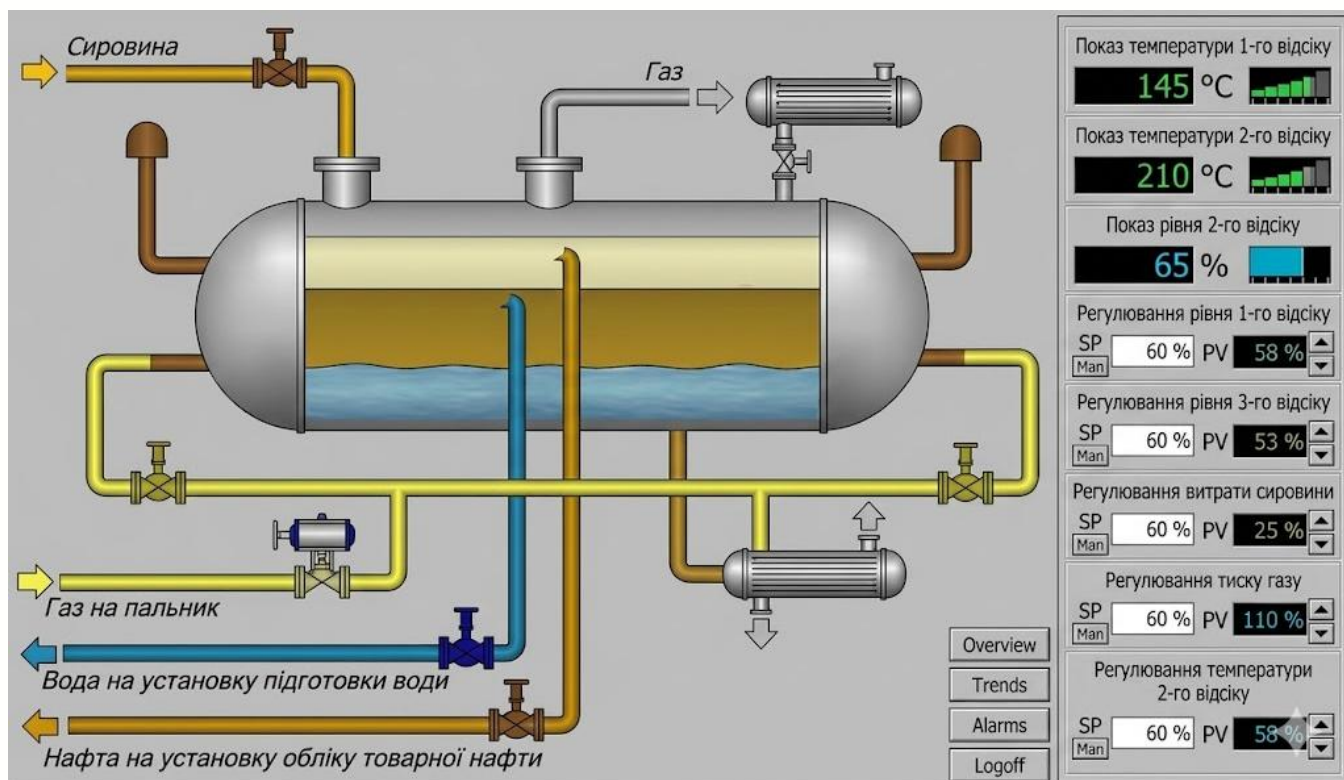


Рисунок 4.1 – SCADA-система

Висновки до розділу

У ході роботи було розроблено людино-машинний інтерфейс установки деєммуляції УДО-2М у середовищі AVEVA InTouch. Створена SCADA-система забезпечує наочну візуалізацію технологічного процесу, оперативний моніторинг ключових параметрів (температури, тиску, рівня) та зручне дистанційне керування обладнанням. Завдяки впровадженню динамічної анімації та системи аварійних сповіщень, інтерфейс дозволяє оператору швидко реагувати на відхилення від норми, що підвищує загальну безпеку та ефективність роботи установки.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКТУ ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДЛЯ САК

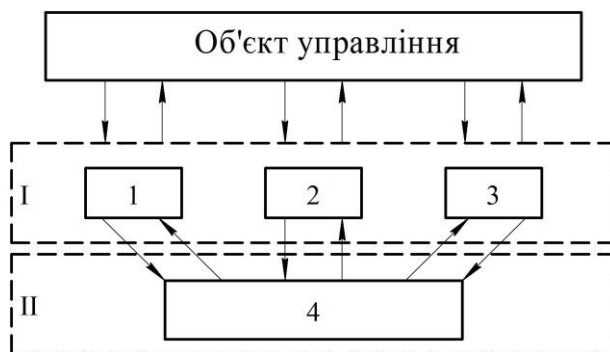
5.1 Розроблення архітектури ієрархічної системи автоматизованого керування

У процесі розроблення проєкту автоматизації першочерговим завданням є визначення місць здійснення керування окремими ділянками об'єкта, розташування пунктів управління та операторських приміщень, а також встановлення взаємозв'язків між ними. Таким чином, ключовим етапом є обґрунтований вибір структурної схеми системи.

Структурні схеми управління можуть бути одноконтурними централізованими, одноконтурними децентралізованими і багатоконтурними.

Система ієрархічного контролю і управління технологічного процесу призначена для вироблення і реалізації керуючих дій на технологічному об'єкті керування у відповідності з прийнятим критерієм управління з використанням сучасних засобів збору, підготовки та перетворення інформації, в першу чергу за допомогою засобів обчислювальної техніки.

У загальному випадку структурну схему системи автоматизації подано на рисунку 5.1. Вона включає об'єкт автоматизації та систему керування, що забезпечує його функціонування. У результаті їх узгодженої взаємодії досягається заданий режим роботи об'єкта, який описується сукупністю параметрів $x_1, x_2, \dots, x_n$.



I рівень – нижчий рівень керування, що включає цифрові регулятори та індикаторні пристрої (позиції 1, 2, 3); II рівень – верхній рівень керування, представлений персональною електронно-обчислювальною машиною (позиція 4)

Рисунок 5.1 - Структурна схема АСК

До зазначених параметрів, зокрема, належать показники, що характеризують якість кінцевого продукту технологічного процесу, окремі змінні, які визначають перебіг процесу, його економічну ефективність, а також умови забезпечення безпечного та безаварійного функціонування.

Отже, у загальному випадку об'єкт автоматизації являє собою сукупність декількох взаємопов'язаних ділянок керування. Такі ділянки можуть бути реалізовані як у вигляді окремих технологічних установок чи агрегатів, так і у формі локальних контурів керування окремими параметрами в межах одних і тих самих технічних об'єктів.

Наша система має 3 рівні управління: 1-ий рівень - рівень задавачів і первинних перетворювачів; 2-ий рівень - рівень регуляторів технологічного процесу.

5.2 Вибір технічних засобів для автоматизації процесу резервування нафти

Здійснивши аналіз процесу деемульсації нафти в установці УДО-2М, вимог до контролю параметрів та їх регулювання здійснимо вибір технічних засобів для автоматизації даного виробництва.

5.2.1 Вибір давачів температури

Для контролю температурного режиму застосовується мідний термопір типу ТСМ-100М, призначений для вимірювання температури гарячих газоподібних та рідких середовищ у діапазоні до 300 °С.

Основні технічні характеристики приладу:

- робочий діапазон вимірювання температури: від 0 до 300 °С;
- клас точності: 0,5;
- довжина занурювальної частини: 300 мм;
- допустима приведена похибка: $\pm 0,8$ %.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.2 - Мідний термоопір типу TCM-100M

5.2.2 Вибір давачів рівня

В якості давачів рівня використовуємо хвилеводні рівнеміри з електричним уніфікованим сигналом 4-20 мА Rosemount 3301, виходячи з умов експлуатації технологічного обладнання та наявності агресивних середовищ.

Хвилеводні рівнеміри серії 3301 від Rosemount є інтелектуальними вимірювальними приладами, що функціонують на основі хвилеводної технології та призначені для безперервного й достовірного контролю рівня рідин і багатокомпонентних середовищ у складних експлуатаційних умовах.



Рисунок 5.3 - Давач рівня Rosemount 3301

Основні переваги приладу:

- результати вимірювання залишаються стабільними та не залежать від зміни діелектричної проникності середовища, його густини, температурних і тискових умов, а також рівня рН;

- наявність різних конструктивних виконань зондів забезпечує можливість застосування рівнеміра серії 3301 у ємностях із різною геометрією та внутрішнім оснащенням;

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- спрощена процедура монтажу та введення в експлуатацію;
- реалізація підключення за двопровідною схемою;
- забезпечення надійного функціонування в умовах підвищених температур і тиску, а також у агресивних середовищах, збереження точності вимірювання при значній турбулентності, вібраційних навантаженнях, запиленості та інтенсивному пароутворенні.

5.2.3 Вибір давачів тиску

Під час вибору датчиків тиску, окрім базових технічних параметрів, необхідно також враховувати такі фактори:

- а) динаміку зміни тиску у часі;
- б) вплив властивостей контролюваного середовища;
- в) дію зовнішніх збурювальних чинників.

Вибираємо перетворювачі тиску з електричним уніфікованим сигналом Rosemount 3051C з верхніми границями відхилення вимірної величини від 0,025 кПа до 27,58 МПа.

Сигнали виходу: аналоговий інтервал 4–20 мА з додатковою цифровою передачею даних за протоколом HART.



Рисунок 5.4 - Давач тиску Rosemount 3051C

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.4 Вибір давачів витрати

Для вимірювання витрати обирається багатопараметричний інтелектуальний витратомір моделі 8800 американської компанії Fisher-Rosemount. Прилад призначений для роботи з газоподібними, паровими та рідкими середовищами.

Витратомір 8800 входить до відомого сімейства пристроїв Rosemount SMART FAMILY, усі пристрої якого підтримують обмін даними через протокол HART. Завдяки цифровій технології забезпечується висока точність та надійність вимірювань, а також спрощується процедура підключення та інтеграції приладу у систему автоматизації. Загальний вигляд витратоміра наведено на рисунку 5.5.

Конструкція зварного корпусу не потребує додаткової герметизації та мінімізує ризик випадкових витоків. Відсутність внутрішніх каналів і щілин виключає забивання та зниження метрологічних характеристик. Основні технічні параметри приладу подано в таблиці 5.1.



Рисунок 5.5 - Огляд конструктивного виконання витратоміра
Fisher-Rosemount 8800

На відміну від традиційних витратомірів, даний прилад здійснює вимірювання витрати з урахуванням динамічних змін параметрів середовища, таких як температура та тиск, а також враховує змінні в рівнянні витрати, зокрема густину, в'язкість і стиснення або розширення газу. Вбудований процесорний модуль давача забезпечує проведення самодіагностики та моніторинг працездатності приладу.

До основних переваг експлуатації витратоміра належать:

– широкий динамічний діапазон вимірювань, що дозволяє застосовувати один

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання мікропроцесорної електроніки, що скорочує час налаштування;
- можливість дистанційного обміну даними через HART-протокол без фізичного доступу до приладу;
- одночасне формування аналогового, цифрового та імпульсного вихідних сигналів, що дозволяє інтегрувати витратомір у кілька систем контролю та регулювання;
- розширений температурний діапазон забезпечує застосування приладу у різноманітних технологічних процесах;
- наявність вбудованого або виносного електронного блоку підвищує гнучкість монтажу;
- уніфіковані модулі зменшують потребу у запасних частинах.

Назва параметру	Одиниці вимірювання
Граничне значення допустимої базової похибки: - за допомогою цифрового та імпульсного сигналу на виході: 1) для рідких середовищ (у відсотках від загальної витрати) 0,65 2) для парових та газоподібних середовищ (у відсотках від загальної витрати) 1,35 - через аналоговий вихідний струмовий сигнал 1,35	
Стабільність показника на рівні 0,1 % від об'ємної витрати	12 місяців
Вихідні сигнали у вигляді струму (мА)	4-20

Назва параметру	Одиниці вимірювання
Тип вимірюваного середовища	газ, рідина, пара
Температурний діапазон вимірюваного середовища: - Типове/базове виконання температурного режиму (°C) - Високотемпературне виконання температурного режиму (°C)	-40 - 232 -200 - 427
Робочий надлишковий тиск у трубопровідній системі (МПа)	3,5

Інтеграція в одному компактному та економічному приладі таких функцій, як багатопараметричні вимірювання, обчислення витрати, самодіагностика та інші можливості, робить датчики оптимальним рішенням для точного контролю витрати.

5.2.5 Вибір технологічних мікропроцесорних індикаторів

Для відображення параметрів технологічних процесів застосовуються мікропроцесорні індикатори ІТМ-22. Вони забезпечують цифрову індикацію вимірюваних величин, реалізують сигналізацію вихідних параметрів та здатні передавати дані на електронно-обчислювальну машину для подальшої реєстрації. Загальний вигляд індикатора ІТМ-22 наведено на рисунку 5.6.



Рисунок 5.6 - Мікропроцесорний індикатор ІТМ-22

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

ІТМ-22 має такі характеристики:

- Багатофункціональний двоканальний індикатор-регулятор універсального призначення:

- Використовується для вимірювання, контролю та автоматичного регулювання двох одночасних технологічних параметрів, таких як температура, тиск, витрата, рівень та інші фізичні величини.

- Функціональні можливості пристрою:

- Відображає значення двох параметрів із встановленням граничних значень для сигналізації мінімуму та максимуму.

- Забезпечує реалізацію двопозиційного або трипозиційного регулювання технологічних величин, перетворених у універсальний електричний сигнал.

- Підтримує підключення датчиків як уніфікованих струмових сигналів, так і температурних датчиків типу термоопору або термопари.

- Дозволяє керувати двопозиційними та трипозиційними виконавчими механізмами навантаження.

- Сфери використання:

- Промислові автоматизовані системи управління.

- Цифрові системи відображення та моніторингу технологічних параметрів.

- Віддалені пристрої збору та передачі інформації з індикацією параметрів об'єкта.

- Локальні та розподілені системи керування технологічними процесами.

- Віддалений збір даних, диспетчерський контроль та управління виробничими процесами.

- Додаткові функціональні можливості пристрою:

- Гальванічна ізоляція всіх підключених джерел сигналів як між собою, так і від інших ланцюгів приладу.

- Відображення технологічних параметрів у цифровому вигляді з трансляцією у відповідні одиниці вимірювання.

- Автоматичне калібрування початкових значень шкали та робочого

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діапазону вимірювань.

- Встановлення граничних значень та сигналізація при відхиленні від мінімуму або максимуму.

- Режими технологічної сигналізації: без запам'ятовування спрацьовування або із його збереженням.

- Вхідний цифровий фільтр для обробки аналогових сигналів.

- Функція інтегрування витрати від відповідного датчика.

- Обчислення квадратного кореня для визначення витрати за перепадом тиску.

- Лінеаризація вхідного сигналу по 16 контрольних точках.

- Чотири дискретні виходи з можливістю вільного програмування.

- Програмована логіка роботи вихідних пристроїв: спрацьовування при перевищенні MAX, при падінні нижче MIN, у межах або поза межами діапазону MIN–MAX з урахуванням гістерезису, а також узагальнена сигналізація.

- Збереження налаштувань і параметрів при відключенні живлення.

- Захист від несанкціонованої зміни параметрів.

- Гальванічно ізольований інтерфейс RS-485 з підтримкою протоколу Modbus для збору даних та конфігурації пристроїв.

- Можливість підключення до мережі RS-485 до 255 приладів.

- Технічні характеристики пристрою:

- Кількість вимірювальних каналів: 2.

- Гальванічна ізоляція: трирівнева (входи, виходи та живлення).

- Час виміру: $\leq 0,1$ с.

- Частота оновлення даних на дисплеї: $\leq 0,5$ с.

- Вхідні аналогові сигнали: 0–5 мА ($R_{вх} = 400$ Ом), 0(4)–20 мА ($R_{вх} = 100$ Ом), 0–10 В ($R_{вх} > 50$ Ом).

- Вхідні сигнали від термоперетворювачів опору: ТСП 50П, 100П (гр.21), ТСМ 50М, 100М (гр.23).

- Вхідні сигнали від термопар: ТХК(L), ТХА(K), ТПП(S), ТПР(B), ТВР(A),

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТЖК(Ј), ТХКн(Е) за ДСТУ 2837-94 та DIN 584-1.

- Наведена похибка виміру: $\pm 0,2 \%$.
- Роздільна здатність цифрової індикації: $\pm 0,01 \%$.
- Кількість розрядів цифрового індикатора: 4.
- Висота цифр світлодіодного дисплея: 10 мм.
- Вихідні аналогові сигнали: 0–5 мА ($R_n = 2 \text{ кОм}$), 0–20 мА, 4–20 мА ($R_n = 500 \text{ Ом}$), 0–10 В ($R_n = 2 \text{ кОм}$ – за вимогою замовника).
- Дискретні та імпульсні вихідні сигнали: реле 220 В/8 А, оптосимістор із нульовим перетином до 600 В/50 мА, твердотільне реле 60 В/1 А АС або 2 А DC, транзисторний вихід ОК 40 В/100 мА (залежно від комплектації), групова ізоляція.
- Живлення: $\sim 220 \text{ В}$ змінного струму ($\pm 10 \%$), 50 Гц ($\pm 1 \%$).
- Споживана потужність: $\leq 8,5 \text{ Вт}$.
- Корпус: щитовий, 96×96×185 мм, DIN 43700, ступінь захисту IP30.
- Монтажна глибина: 240 мм.
- Маса пристрою: $\leq 1,1 \text{ кг}$.

5.2.6 Вибір регуляторів

Особливу увагу приділимо обґрунтуванню вибору регулятора, адже він є ключовим компонентом розроблюваної системи автоматичного керування. Для основного каналу доцільно використати багатофункціональний мікропроцесорний контролер МІК-51.

Даний пристрій забезпечує виконання задач автоматичного регулювання та логічного керування технологічними процесами. Контролер орієнтований на широке застосування в різних галузях промисловості, зокрема в енергетиці, хімічному та металургійному виробництві, а також у харчовій, цементній і скляній промисловості. Зовнішній вигляд регулятора наведено на рисунку 5.7.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.7 - Загальний вигляд регулятора МІК-51

Контролер МІК-51 забезпечує реалізацію різних режимів керування, зокрема локального, каскадного, програмного та багатоконтурного регулювання.

Його архітектурна побудова надає можливість як ручного, так і автоматичного ввімкнення, вимкнення, перемикання та реконфігурації контурів керування незалежно від рівня складності системи. Окрім обробки аналогових сигналів, пристрій виконує логічні операції, формуючи як аналогові й імпульсні, так і дискретні керуючі впливи.

Функціональні логічні блоки реалізують алгоритми покрокового керування з урахуванням умов виконання кожного етапу, контролем тривалості кроків та можливістю переходу між ними за заданими умовами. При цьому контролер здатний поєднувати обробку дискретних сигналів із функціональними перетвореннями аналогових величин, генеруючи керуючі сигнали різної природи.

Пристрій оснащений засобами оперативного керування, розміщеними на передній панелі, що дозволяють змінювати режими роботи, задавати параметри, контролювати виконання програм, здійснювати ручне керування виконавчими механізмами, відслідковувати сигнали та фіксувати помилки. Відповідні елементи керування наведено на рисунку 5.8.

Підключення стандартних аналогових і дискретних датчиків, а також виконавчих механізмів до контролера МІК-51 здійснюється через індивідуальні кабельні лінії, при цьому вся подальша обробка сигналів відбувається у цифровому форматі всередині пристрою.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.8 - Засоби оперативного керування

Контролери цього типу можуть інтегруватися в локальну керуючу мережу з шинною топологією без використання додаткового обладнання, що забезпечує обмін даними між ними у цифровому вигляді.

МІК-51 являє собою комплексний технічний засіб, до складу якого входять центральний мікропроцесорний модуль і клемно-блочний інтерфейс. Центральний блок виконує перетворення аналогових і дискретних сигналів у цифрову форму, їх подальшу обробку та формування керуючих впливів.

Контролер має модульну структуру, що дозволяє конфігурувати його відповідно до конкретних вимог користувача шляхом підбору необхідних модулів розширення та функціональних блоків залежно від кількості й типів вхідних і вихідних сигналів. Конкретна конфігурація та параметри визначаються на етапі замовлення.

Контролер МІК-51 оснащений розвиненим функціоналом самоконтролю, який забезпечує виявлення, сигналізацію та ідентифікацію відмов і збоїв. Зокрема, він дозволяє діагностувати несправності апаратної частини, фіксувати відхилення сигналів від допустимих меж, виявляти помилки в оперативній пам'яті, а також контролювати коректність обміну даними в мережі та інші порушення роботи системи.

У складі контролера МІК-51 реалізовано широкий набір функціональних можливостей, зокрема:

- Підтримка до дев'яти автономних контурів керування, кожен із яких може

функціонувати як локальний або каскадний, із різними типами вихідних сигналів (аналоговими чи імпульсними) та різними режимами завдання - ручним, програмним (у тому числі багатопрограмним) або супервізорним.

- Наявність понад 50 вбудованих у постійну пам'ять функціональних блоків для безперервної та дискретної обробки сигналів, включаючи ПД-регулятори, а також блоки математичних, динамічних, нелінійних і логічних перетворень.

- Можливість використання до 99 конфігурованих блоків із довільним вибором із бібліотеки, їх гнучким з'єднанням між собою та з входами/виходами, а також налаштуванням параметрів і коефіцієнтів у ручному режимі.

- Гнучке керування структурою системи, що передбачає зміну режимів роботи, вмикання/вимикання, перемикання та перебудову контурів керування будь-якої складності.

- Реалізація оперативного керування через елементи передньої панелі, включаючи цифрові індикатори та світлодіодну індикацію, що забезпечують налаштування режимів, введення завдань, керування виконавчими механізмами, моніторинг сигналів і відображення аварій. У програмному режимі доступні функції вибору, запуску, зупинки та коригування виконання програм.

- Можливість об'єднання до 32 контролерів у єдину локальну мережу з підтримкою взаємодії з іншими типами контролерів.

- Підтримка розширення функціональності за рахунок підключення додаткових модулів.

Базова конфігурація контролера передбачає обмежений набір каналів введення та виведення сигналів, а саме: чотири аналогові входи (з яких два універсального типу та два стандартизовані), один аналоговий вихід, три дискретні входи та п'ять дискретних виходів.

Номенклатура та позначення модулів розширення (МР) характеризуються таким складом входів і виходів:

- МР-51-01: вісім дискретних входів, один із яких може використовуватись як

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

імпульсний;

- МР-51-02: чотири дискретні входи, чотири дискретні виходи та один імпульсний вхід;

- МР-51-03: вісім дискретних виходів;

- МР-51-04: вісім дискретних входів (з можливістю імпульсного використання одного з них) і один аналоговий вихід;

- МР-51-05: чотири дискретні входи, чотири дискретні виходи, один імпульсний вхід і один аналоговий вихід;

- МР-51-06: вісім дискретних виходів і один аналоговий вихід;

- МР-51-07: три аналогові виходи.

Примітка: імпульсний вхід реалізується на базі одного з дискретних входів.

Набір ключових функціональних параметрів системи характеризується наступним чином:

- Максимальна кількість функціональних блоків у програмному забезпеченні складає 99.

- Бібліотека функціональних блоків містить не більше 50 одиниць.

- Тривалість одного циклу обробки даних не перевищує 0,1 секунди.

- Точність цифрової обробки інформації встановлена на рівні:

- додавання та віднімання – без похибки;

- множення та ділення – до 0,01%;

- обчислення квадратного кореня – до 0,1%.

- Реалізовано годинник реального часу з резервним живленням у вигляді батареї.

Характеристика функціональних можливостей регуляторів включає наступні показники:

- Кількість автономних контурів керування – до 9.

- Тип регулятора для кожного контуру може бути: локальний аналоговий, локальний імпульсний, каскадний аналоговий або каскадний імпульсний.

- Режим функціонування кожного контуру: локальний, каскадний,

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дистанційний або ручний.

- Спосіб задання керуючого впливу в контурі: ручний, програмований або зовнішній (супервізорний).

- Використовуваний закон регулювання: ПІД, ПІ, ПД, пропорційний, двохпозиційний або трьохпозиційний.

- Контрольовані параметри охоплюють: задане значення, вхідний сигнал, величину неузгодженості, вихідний сигнал та будь-який обраний параметр.

- Налаштувальні характеристики визначаються відповідними параметрами функціональних блоків.

Характеристики ручного задавача включають:

- Метод регулювання – «більше/менше».
- Крок дискретності встановлення – 0,01 %.
- Максимальний час повного переходу від мінімального до максимального значення – не перевищує 16 секунд.
- Тип балансування – динамічний або статистичний.

5.2.7 Обґрунтування та визначення типу приводного механізму

Сигнал, що надходить з МІК-51, є аналоговим електричним сигналом. Тому доцільно обрати електричний виконавчий механізм (ВМ), здатний перетворювати електричний командний сигнал на момент, необхідний для точного позиціонування регулюючого органу.

Для цієї задачі було обрано однообертовий виконавчий механізм МЭО-16/25-0.63 ПВТ4 типу МЭО, який забезпечує крутний момент 16 Н·м і виконує 0,63 оберту протягом 25 секунд.



Рисунок 5.9 - Привідний механізм однообертного типу

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Технічне впровадження системи автоматичного керування

5.3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації процесу

Функціональні схеми автоматизації (ФСА) є ключовим технічним документом у межах проекту автоматизації, який визначає архітектуру системи управління технологічним процесом та її оснащення засобами автоматизації. Такі схеми також повинні відображати характеристику об'єкта керування.

У системах автоматизації технологічних процесів об'єктом управління є комплекс основного та допоміжного обладнання разом із вбудованими запірними і регулюючими органами, а також потоками енергії, сировини й матеріалів, що визначаються специфікою технологічного процесу. Тому на функціональній схемі необхідно показати технологічні апарати (колони, теплообмінники, реактори тощо), трубопроводи, автоматичні пристрої та зв'язки між ними.

ФСА, що представлена на листі 1 графічної частини проекту, являє собою креслення, на якому умовними графічними позначеннями відображені комунікації, технологічне обладнання, органи управління об'єктом та засоби автоматизації (датчики, первинні перетворювачі, вторинні прилади, виконавчі механізми) із зазначенням між ними ліній зв'язку та взаємодії з технологічним обладнанням.

На функціональних схемах автоматизації (ФСА) прилади та засоби автоматизації, електричні пристрої й елементи обчислювальної техніки відображаються відповідно до чинних стандартів.

ФСА виконується на одному аркуші, на якому показані засоби автоматизації та апаратура всіх систем контролю, регулювання та сигналізації, що відносяться до конкретної установки. Допоміжні елементи, такі як редуктори, повітряні фільтри, джерела живлення, реле, автомати, вимикачі, з'єднувальні коробки та інші монтажні пристрої, на схемі не відображаються.

ФСА може бути представленою у спрощеному або розгорнутому вигляді. Спрощена схема не відображає організацію пунктів контролю та управління об'єктом, тоді як розгорнута схема демонструє детально: відбірні пристрої,

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

датчики, первинні перетворювачі, вторинні прилади, виконавчі механізми, регулюючі та запірні органи, а також апаратуру управління і сигналізації.

Засоби автоматизації, розташовані поза щитами і не пов'язані безпосередньо з технологічним обладнанням або трубопроводами, на схемі позначаються в прямокутнику «Прилади місцеві». Первинні вимірювальні перетворювачі та відбірні й приймальні пристрої, інтегровані безпосередньо в технологічні апарати та трубопроводи, на ФСА не зображуються.

5.3.2 Формування креслення загальної конфігурації щитового обладнання

Усі щити систем автоматизації призначені для монтажу на них приладів контролю та керування технологічним процесом. Їх розташовують у виробничих приміщеннях або спеціально відведених щитових зонах, таких як операторні, апаратні та диспетчерські кімнати.

На щитах розміщуються засоби контролю та управління технологічним процесом, пристрої автоматизації, елементи захисту та блокування, джерела живлення, а також лінії зв'язку, що забезпечують взаємодію між ними.

Процес розробки загального виду щита здійснюється у такій послідовності:

- Вибір типового щита або пульта з урахуванням кількості встановлюваних приладів і електроапаратури, а також категорії приміщення, в якому передбачено його монтаж, та інших експлуатаційних вимог.

- Компоновка приладів і апаратури на фасадних панелях і всередині щита або пульта, забезпечуючи зручність доступу, обслуговування та функціональну взаємодію.

На розглянутій установці застосовуються шафові щити, виконані за субблочною методикою, а також панельні щити. Основні характеристики цих щитів включають:

- Керуюча апаратура винесена на передню панель субблоку, тоді як допоміжні компактні пристрої розташовані на внутрішній поверхні. Підключення

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до джерела живлення здійснюється через роз'єми, розміщені на задній стінці субблоку.

- Управління насосами та допоміжними пристроями організоване у вигляді окремих блоків, що забезпечує ефективні умови контролю та спостереження за ходом технологічного процесу.

- Субблочна конструкція відзначається компактністю порівняно з іншими типами щитів. На передній панелі розміщуються сигнальні пристрої, такі як світлові індикатори, а на внутрішній – реле часу та проміжні реле. Провідники від електрообладнання всередині щита з'єднуються у кабельні пучки для упорядкованого монтажу.

Для розміщення вторинних приладів, що виконують функції індикації, реєстрації та самопису, застосовується повногабаритний панельний щит. Перетворювачі та пристрої сигналізації встановлюються за щитами на спеціальних штативах. На кресленні представлено таблицю позначень для індикаторних табло та бірок.

Висновки до розділу

В цьому розділі було розроблено технічну документацію для автоматичної системи керування процесом резервування нафти, а саме: складено структурну схему ієрархічної системи керування; вибрано засоби автоматизації (давачі, перетворювачі, показуючі пристрої, регулятори); розроблено функціональну схему, загальний вигляд щита.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах даної роботи проведено аналіз процесу резервування нафти на НГВУ “Долинанафтогаз” з позицій автоматизації. Оскільки основним завданням проекту була автоматизація деемульсатора, ключовим параметром, що визначає хід технологічного процесу та забезпечує якість нафти, обрана температура в кожному відсіку відстійника. Тому особлива увага приділена каналу регулювання температури.

За допомогою експериментальних досліджень визначено передавальну функцію об'єкта, виконано вибір регуляторів та розрахунок їх оптимальних налаштувань. Проведено моделювання одноконтурної та каскадної систем управління, визначено їх показники якості та оцінено стійкість системи.

Крім того, складено ієрархічну структурну схему регулювання та обрано відповідні технічні засоби автоматизації для реалізації системи.

					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

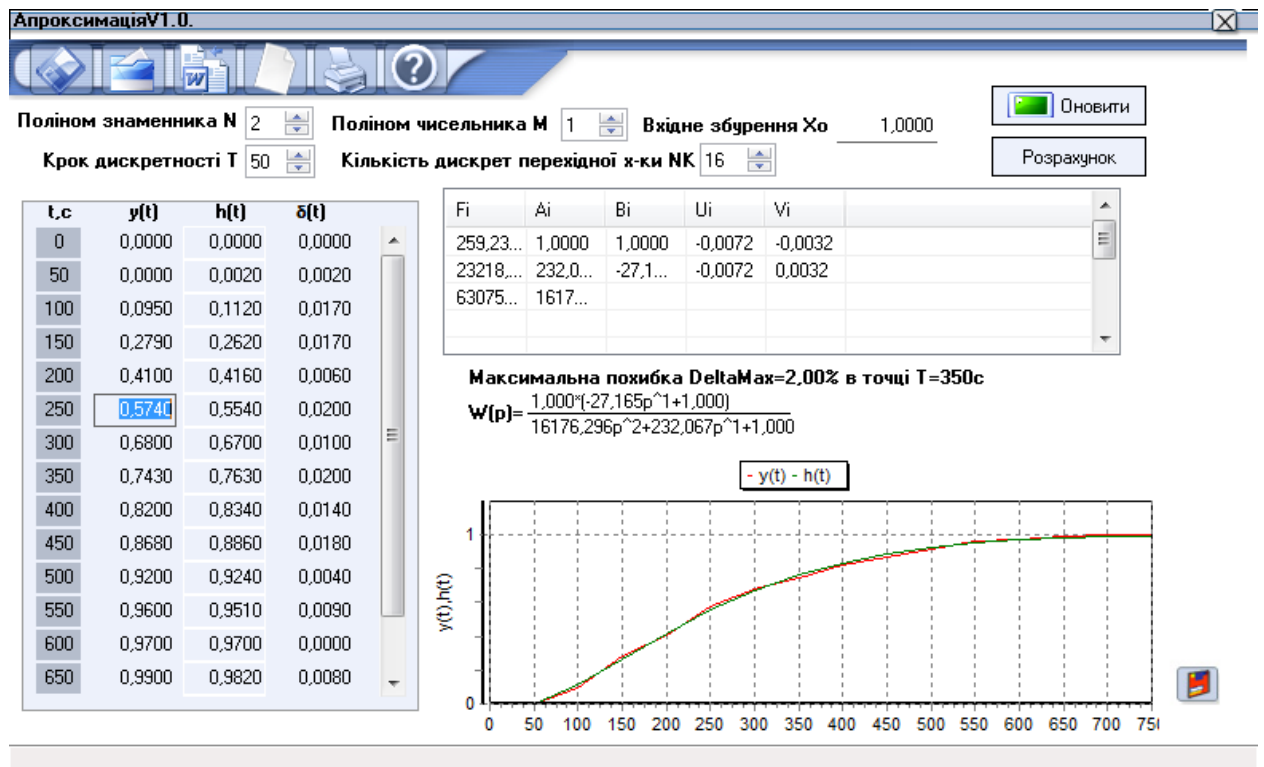
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Когутяк, М. І. Технічні засоби автоматизації [Текст] : навч. посіб. / М. І. Когутяк. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ Факел, 2015. – 212 с.
2. Когутяк, М. І. Мікропроцесорні технічні засоби автоматизації [Текст] : навч. посіб. Ч.1 : Програмовані логічні контролери / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – 236 с.
3. Дранчук М. М. Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості / М. М. Дранчук. – Івано-Франківськ: Факел, 2005. – 448 с.
4. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування / Г. Н. Семенцов. – Івано-Франківськ, 1999.
5. Горбійчук, М. І. Теорія автоматичного керування. Лінійні системи. [Текст]: конспект лекцій / М. І. Горбійчук. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2024. – 159 с.
6. Автоматичне управління / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, М. М. Дранчук і ін. – Івано-Франківськ: Факел, 2003.
7. Горбійчук, М. І. Теорія автоматичного керування. Нелінійні системи [Текст] : лаб. практикум / М. І. Горбійчук, Л. Я. Чигур. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2024. – 84 с.
8. Чигур, Л. Я. Теорія автоматичного керування. Цифрові системи. [Текст] : лаборатор. практикум / Л. Я. Чигур, М. І. Горбійчук. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2024. – 80 с.
9. Каталоги продукції фірм Мікрол та Honeywell.
10. Лагойда, А. І. Комп'ютерно-інтегровані системи управління [Текст] : лаборатор. практикум. Ч. 1 / А. І. Лагойда, Л. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2025. – 307 с.

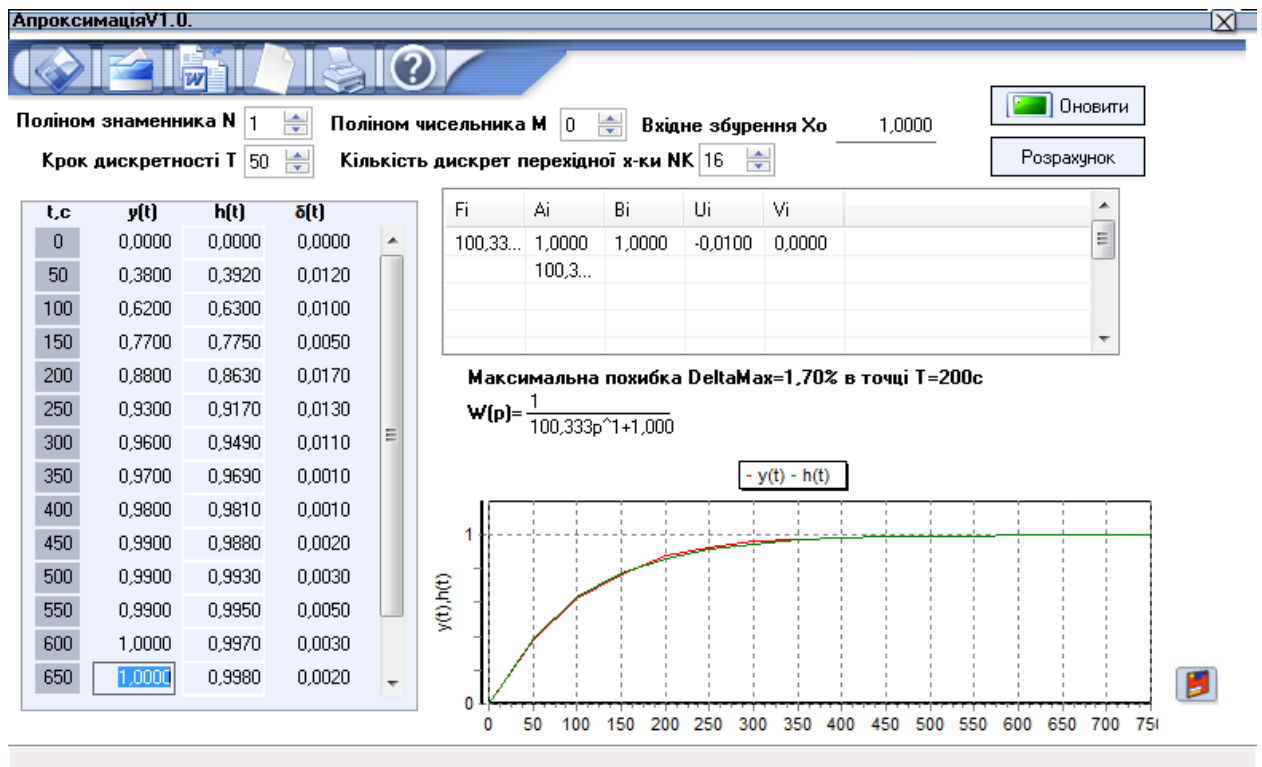
					БР.АКП-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

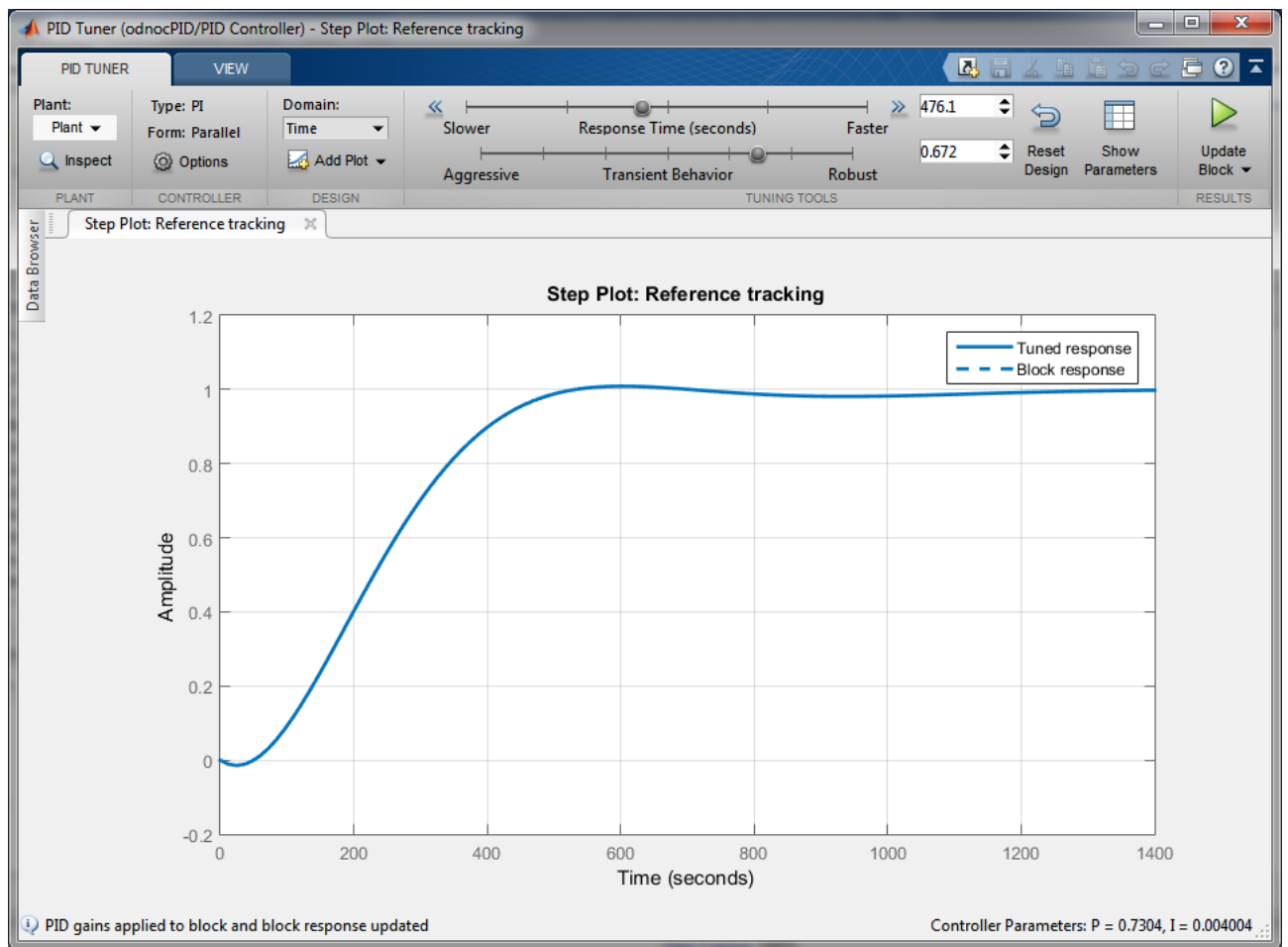
Додаток А1



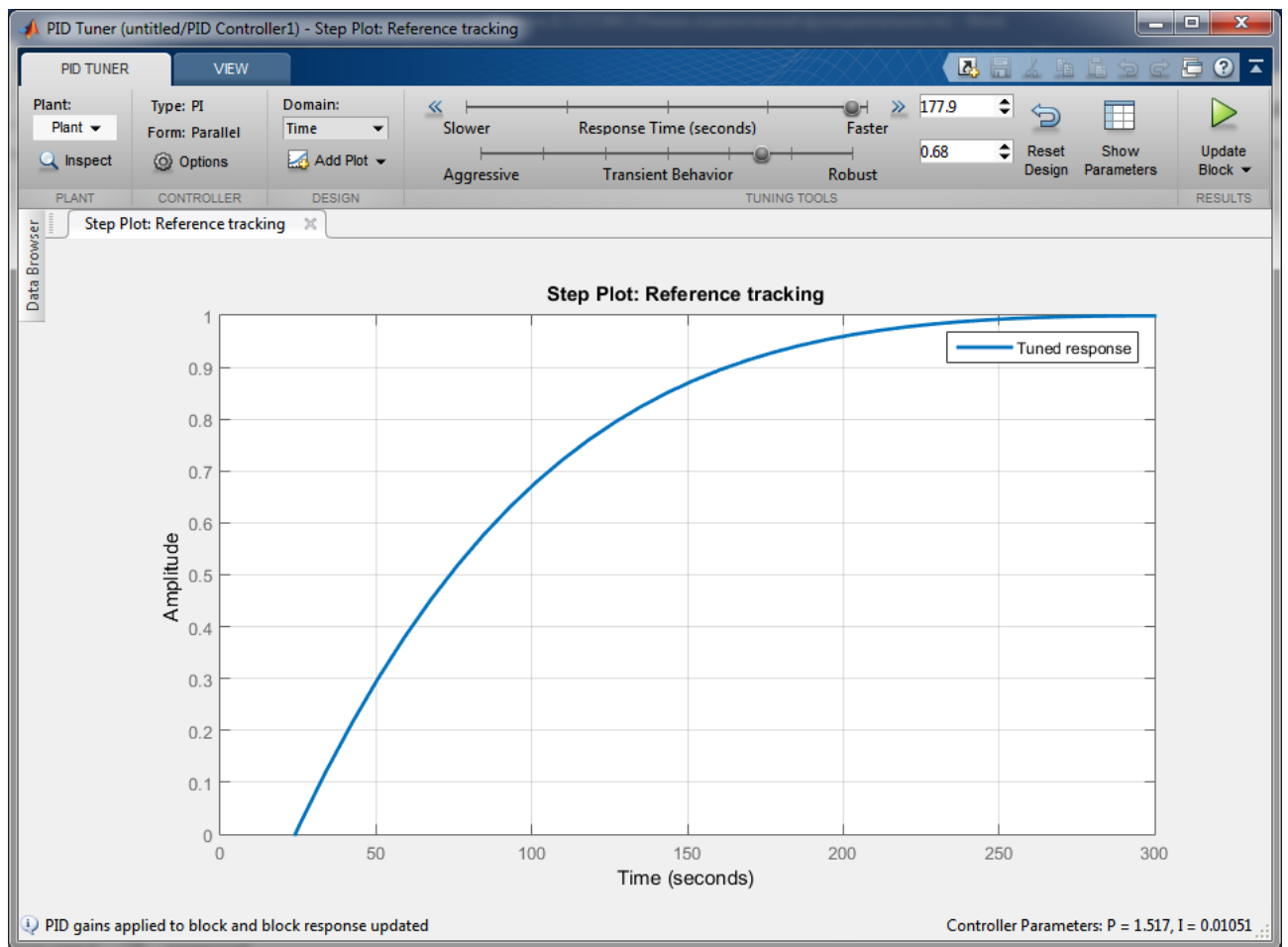
Додаток А2



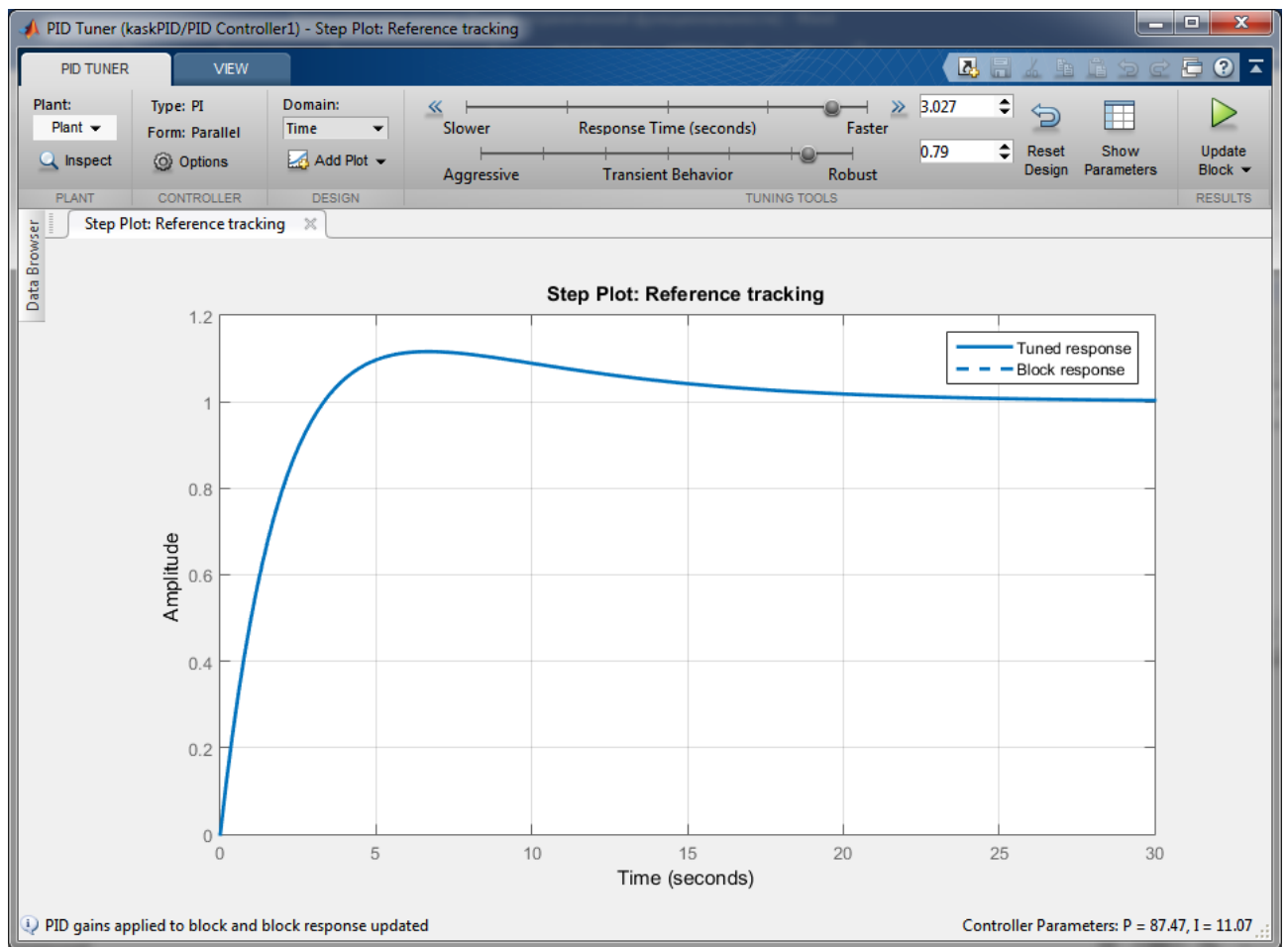
Додаток Б1



Додаток Б2



Додаток Б3



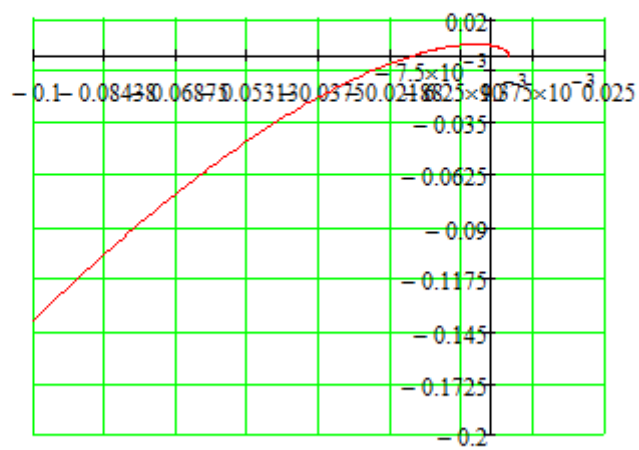
Додаток В1

$$P(w) := -212.227 \cdot w^2 + 0.004004$$

$$Q(w) := -16176.296 \cdot w^3 + 1.6217 \cdot w$$

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

Q(w)



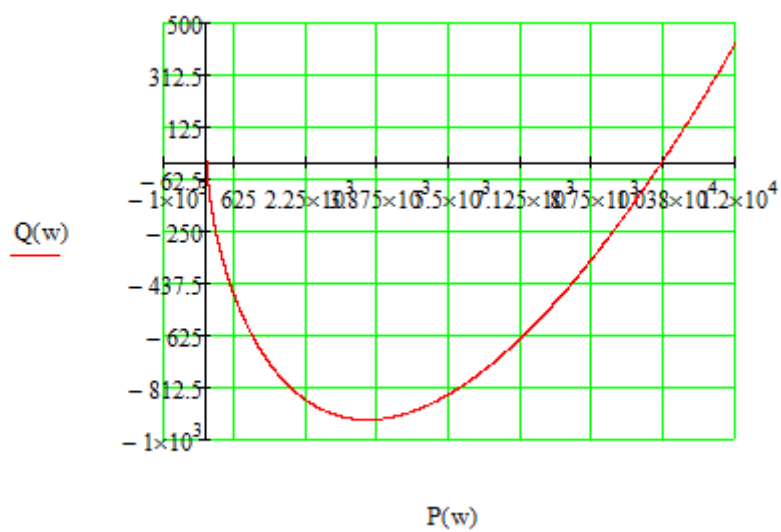
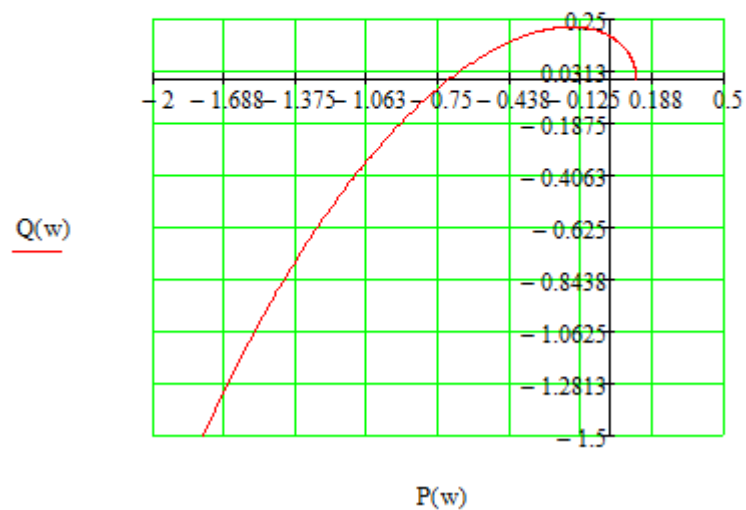
$P(w)$

Додаток В2

$$P(w) := 1092742.77 \cdot w^4 - 3769.026 \cdot w^2 + 0.116$$

$$Q(w) := 1623016.31w^5 - 161135.47 \cdot w^3 + 37.29 \cdot w$$

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



БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу резервування нафти».

Обсяг пояснювальної записки 69 аркуші.

Перелік креслень графічної частини:

1. Функціональна схема автоматизації.
2. Експериментальне дослідження.
3. Аналіз і синтез одноконтурної АСК.
4. Аналіз і синтез каскадної АСК.
5. Структура ієрархічної системи керування.
6. Загальний вигляд щита.

Дата закінчення проекту _____

Підпис студента-дипломника _____