

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ

Група АКПз-23-1К

Віталій Слобода

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

Слобода Віталій Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК

681.518

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка системи автоматизації атмосферно-вакуумної установки з

(назва роботи)

секцією вторинної перегонки бензину

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва освітньої програми)

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

(шифр і назва спеціальності)

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

Нормоконтроль

асистент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

Здобувач освітнього ступеня

АКПз-23-1

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

В.А. Слобода

(ініціали та прізвище)

Рецензент

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

М.І. Когутяк

(ініціали та прізвище)

Науковий керівник

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

А.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

А.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень перший (бакалаврський)

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

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ

«___» _____ 20__ року

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

Слобода Віталій Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації атмосферно-вакуумної установки з секцією вторинної перегонки бензину

керівник роботи Лагойда Андрій Іванівна, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «___» _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 13.06.2025

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз технологічного процесу атмосферно-вакуумної перегонки нафти як об'єкта автоматичного контролю і керування. 2 Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування. 3 Синтез структури системи автоматичного керування. 4 Розробка проектної документації на САК. Висновки. Перелік посилань на джерела

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

Лист 1 - Функціональна схема автоматизації - БР.АКПз-25.00.00.001;

Лист 2 - Експериментальне дослідження - БР.АКПз-25.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз і синтез одноконтурної АСК - БР.АКПз-25.00.00.003;

Лист 4 - Аналіз і синтез каскадної АСК - БР.АКПз-25.00.00.004;

Лист 5 - Схема зовнішніх з'єднань - БР.АКПз-25.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКПз-25.00.00.006.

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 атмосферно-вакуумної перегонки нафти як об'єкта автоматичного контролю і керування	10.06.2025	
2	Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування	11.06.2025	
3	Синтез структури системи автоматичного керування	12.06.2025	
4	Розробка проектної документації на САК	13.06.2025	

Студент _____
(підпис)

В.А. Слобода _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

А.І. Лагойда _____
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить: 69 сторінок друкованого тексту, 22 рисунки, 16 таблиць, 10 переліків посилань на джерела і 3 додатки.

Тема: розробка системи автоматизації атмосферно-вакуумної установки з секцією вторинної перегонки бензину.

Об'єкт дослідження: ректифікаційна колона атмосферно-вакуумної установки перегонки нафти.

Мета проекту: удосконалення системи автоматизації технологічного процесу атмосферно-вакуумної установки перегонки нафти.

Методи дослідження: здійснення експериментального моделювання автоматичної системи керування.

Результати кваліфікаційної роботи: здійснено поглиблений аналіз технологічного процесу ректифікації, котрий належить до основних у роботі атмосферно-вакуумної установки перегонки нафти, як об'єкта автоматизації. Вибрані параметри контролю та регулювання розроблено функціональну схему автоматизації. Дано обґрунтування даного методу автоматизації.

На базі мікропроцесорних контролерів розроблено систему, яка призначена для контролю а також регулювання процесів даної установки.

Ключові слова: технологічний процес, система автоматичного керування, налаштування регулятора.

ABSTRACT

Bachelor's thesis contains: 69 pages of printed text, 22 figures, 16 tables, 10 lists of references to sources and 3 appendices.

Topic: development of an automation system for an atmospheric-vacuum unit with a secondary gasoline distillation section.

Object of research: rectification column of an atmospheric-vacuum oil distillation unit.

Project goal: improvement of the automation system for the technological process of an atmospheric-vacuum oil distillation unit.

Research methods: implementation of experimental modeling of an automatic control system.

Results of qualification work: an in-depth analysis of the technological process of rectification, which is one of the main ones in the operation of an atmospheric-vacuum oil distillation unit, as an object of automation, was carried out. Control and regulation parameters were selected and a functional automation scheme was developed. The justification of this automation method was given.

Based on microprocessor controllers, a system has been developed that is designed to monitor and regulate the processes of this installation.

Keywords: technological process, automatic control system, regulator settings.

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	8
	ВСТУП.....	9
1	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЇ ПЕРЕГОНКИ НАФТИ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....	10
	1.1 Призначення атмосферно-вакуумної установки і суть процесу ректифікації.....	10
	1.2 Характеристика сировини і одержаних продуктів.....	11
	1.3 Аналіз технологічної схеми атмосферно-вакуумної перегонки нафти.....	14
	1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування.....	16
	1.5 Вибір і обґрунтування параметрів контролю і регулювання.....	18
	1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу....	21
	Висновки до розділу.....	23
2	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	24
	2.1 Вибір об'єкта керування.....	24
	2.2 Основні показники якості і критерії оптимальності системи автоматизації.....	24
	2.3 Експериментальне дослідження динаміки керованого об'єкта.....	25
	2.3.1 Обробка результатів експерименту.....	26
	Висновки до розділу.....	32
3	СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....	33
	3.1 Розрахунок параметрів одноконтурної САК.....	33

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації атмосферно-вакуумної установки з секцією вторинної перегонки бензину	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Слобода В.А.					6	69	
Перевір.	Лагойда А.І.					АКПз-23-1К ІФНТУНГ		
Реценз.	Когутяк М.І.							
Н. Контр.	Лагойда Л.І.							
Затверд.	Лагойда А.І.							

3.2	Розрахунок параметрів каскадної САК.....	34
3.3	Дослідження на стійкість одноконтурної САК.....	36
3.4	Дослідження на стійкість каскадної САК.....	37
3.5	Оцінка якості керування за перехідними характеристиками.....	38
	Висновки до розділу.....	39
4	РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК.....	41
4.1	Вибір технічних засобів автоматизації.....	41
4.1.1	Вибір датчиків температури.....	41
4.1.2	Вибір датчиків тиску.....	44
4.1.3	Вибір датчиків витрати.....	44
4.1.4	Вибір датчиків рівня.....	47
4.1.5	Вибір виконавчого механізму.....	47
4.1.6	Вибір контролера.....	48
4.2	Технічна реалізація системи автоматизації.....	54
4.2.1	Розробка функціональної схеми.....	54
4.2.2	Розробка креслення загального виду щита.....	57
4.2.3	Розробка схеми зовнішніх проводок.....	58
	Висновки до розділу.....	59
	ВИСНОВКИ.....	60
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	61
	ДОДАТКИ	

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП - автоматизована система керування технологічним процесом.

АВТ - атмосферно-вакуумна установка.

в.к.к. - висококиплячий компонент.

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина.

КВПіА - контрольно-вимірювальні прилади і автоматика.

н.к.к. - низькокиплячий компонент.

ППК - персональний промисловий комп'ютер.

ПЛК - програмований логічний контролер.

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

ФСА - функціональна схема автоматизації.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів і виробництв є одним із головних чинників, які можуть підвищити продуктивність праці, а також поліпшити умови праці. Усі існуючі а також новостворені промислові об'єкти в значній мірі забезпечені технічними засобами автоматизації.

Ефективний проект системи автоматизації як основного так само і допоміжних технологічних процесів та виробництв являється базовою частиною будівельного проекту усіх новостворених промислових підприємств. Складність проекту системи автоматизації впливає на терміни будівництва установки а відповідно і на послідовність введення в експлуатацію об'єктів розроблюваного підприємства, сучасність ведення технологічних процесів, величину а відповідно і якість готової продукції.

З урахуванням усього вищенаведеного актуальною являється якість проекту а також термін його виконання.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЇ ПЕРЕГОНКИ НАФТИ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

1.1 Призначення атмосферно-вакуумної установки і суть процесу ректифікації

Атмосферно - вакуумна установка (АВТ) із секцією перегонки бензину використовується для перегонки нафти і мазуту на фракції і подальшого одержання вузьких бензинових фракції, що використовуються далі в якості сировини для виробництва ароматичних вуглеводів (в.о. бензину).

Технологічний процес послідовно протікає через наступні секції установки:

- блок часткового відділення бензину від нафти, так-звана попередня евапорація;
- блок атмосферної перегонки нафти;
- блок стабілізації бензину;
- блок вторинної перегонки бензину на вузькі фракції;
- вакуумна перегонка мазуту з метою отримання широкої головної фракції - вакуумного дистиляту.

Суть процесу полягає в розділенні нагрітої в печі нафти на окремі фракції в ректифікаційній колоні - циліндричному вертикальному апараті, всередині якого розміщені контактні пристрої (тарілки), через які пари рухаються вгору, а рідина - вниз.

Ректифікація - масообмінний процес, який здійснюється в колонних апаратах з контактними елементами (насадки, тарілки), тобто шляхом багатократного контакту між нерівноважними рідкою і паровою фазами.

При взаємодії фаз між ними відбувається масо- і теплообмін обумовлені прагненням системи до гармонійного стану рівноваги. Як результат кожного контакту з рідини випаровується низькокиплячий компонент (н.к.к.), яким збагачуються пари, а з пари конденсується висококиплячий компонент (в.к.к.), що переходить в рідину. Пари після конденсації в окремому апараті дають дистилят

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

(ректифікат) і флегму - рідину для зрошування колони і взаємодії з парами, що піднімаються. Пари отримують шляхом часткового випаровування знизу колони залишку, що є чистим в.к.к..

Кількість тарілок в них коливається в межах від 20 до 60 (від числа таких контактів і від кількості флегми (зрошення), що стікає назустріч парам, в основному залежить чіткість розділення компонентів суміші). Передбачається підведення тепла в нижню частину колони і відведення тепла з верхньої частини колони, у зв'язку з чим температура в апараті поступово знижується від низу до верху. У результаті зверху колони відводиться бензинова фракція у вигляді пари, а пари газової і дизельних фракцій конденсуються у відповідних частинах колони і виводяться, мазут залишається рідким і відкачується з дна колони.

Отримувана на атмосферному блоці бензинова фракція містить гази (в основному пропан і бутан) в обсязі, що перевищує вимоги за якістю, і не може використовуватися ні в якості компонента автобензину, ні в якості товарного прямогонного бензину. Крім того, процеси нафтопереробки, спрямовані на підвищення октанового числа бензину та виробництва ароматичних вуглеводнів як сировину використовують вузькі бензинові фракції. Цим обумовлено включення в технологічну схему переробки нафти даного процесу секції вторинної перегонки бензину, при якому від бензинової фракції відганяються зріджені гази, і здійснюється її розгонка на 2-5 вузьких фракцій на відповідній кількості колон.

1.2 Характеристика сировини і одержаних продуктів

Сировиною установки служить знесолена і зневоднена нафта. Нафта представляє собою горючу корисну копалину, складну суміш вуглеводнів різних класів із досить невеликим вмістом органічних кисневих, сірчистих а також азотних сполук, котрі представляють собою густу маслянисту рідину, яка може бути від темно-бурого навіть до чорного кольору. Нафта не розчиняється у воді і являється легшою за воду та має характерний запах.

Характеристика сировини та допоміжних компонентів, задіяних в

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Продовження таблиці 1.2

Найменування продукту	Масова частка, %
Фракція 180 - 240 °С	9,9
Фракція 240 - 350 °С	17
Фракція 350 - 460 °С	17,8
Залишок (гудрон) > 460 °С	35,8
Втрати	0,7

Характеристика побічних продуктів та область їх застосування наведені в таблиці 1.3 та 1.4 відповідно.

Таблиця 1.3 - Характеристика побічних продуктів

Назва побічних продуктів	Найменування характеристики	Значення
Фракція п.к. - 62 °С	Вміст, % мас.:	
	- ароматичних вуглеводнів	1
	- нафтових вуглеводнів	13
Фракція 140 - 180 °С	Вміст, % мас.:	
	- ароматичних вуглеводнів	12
	- нафтових вуглеводнів	29
Гудрон > 460 °С	Густина при 20 °С, кг/м ³	970
	Температура спалаху, °С	290 - 350

Таблиця 1.4 - Область застосування основних продуктів

Найменування продукту	Область застосування
Фракція п.к. - 62 °С	Використовується в якості компоненту автомобільного бензину
Фракція 62 - 85 °С	Сировина установок каталітичного риформінгу, на яких виробляється бензол

Найменування продукту	Область застосування
Фракція 85 - 120 °С	Сировина установок каталітичного риформінгу, на яких виробляється тоуол
Фракція 120 - 140 °С	Сировина установок каталітичного риформінгу
Фракція 140 - 180 °С	Сировина для виробництва високооктанових бензинів
Фракція 180 - 240 °С	Компонент дизельного палива
Фракція 240 - 350 °С	Компонент дизельного палива
Фракція 350 - 460 °С	Компонент котельного палива і сировини
Гудрон > 460 °С	виробництва бітумів

1.3 Аналіз технологічної схеми атмосферно-вакуумної перегонки нафти

Технологічна схема установки АВТ зображена на рисунку 1.1.

Знесолена і зневоднена нафта насосом прокачується через групу теплообмінників Т-1 - Т-4 і з температурою 210 °С надходить в колону попереднього випаровування (евапоратор) РК-1 (на схемі не показаний хід нафти через теплообмінні апарати в зв'язку із складністю обв'язки). Фракція п. к. - 100 °С виходить зверху колони і, пройшовши через апарат повітряного охолодження АПО-1 і холодильник Х-1, поступає в збірник ЗБ-1. Частина цієї фракції насосом Н-8 подається в якості зрошення в колону, а надлишок - в збірник ЗБ-2. В низ колони РК-1 підводиться тепло за рахунок циркуляції залишку насосом Н-1 через секцію печі П-1.

Частково відбензинена нафта з низу колони РК-1 забирається насосом Н-2, прокачується через другий змієвик печі П-1 і подається в основну атмосферну колону РК-2. Верхній продукт цієї колони (фракція 100-180 °С) після охолодження і конденсації надходить в збірник ЗБ-2, де змішується з верхнім продуктом колони РК-1. Зі збірника ЗБ-2 фракція п.к. - 180 °С забирається насосом Н-9 і подається на стабілізацію в колону СК.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У вигляді бокових потоків колони РК-2 відбираються флегми у випарні колони ВК-1 і ВК-2, в низ яких подається водяна пара. Фракція 180-240 °С з низу колони ВК-1 прокачується насосом Н-7 через теплообмінник Т-4 і апарат повітряного охолодження АПО-5 та виводиться з установки в резервуар. Фракція 240-350 °С з низу колони ВК-2 прокачується насосом Н-6 через теплообмінник Т-3 і апарат повітряного охолодження АПО-4 та виводиться з установки в резервуар. Верхнє і нижнє циркуляційні зрошення здійснюються відповідно насосом Н-3 через теплообмінник Т-1 і холодильник Х-2, насосом Н-4 через апарати Т-2 і АПО-2 і повертаються на лежачі вище тарілки колони РК-2. Залишок - фракція вище 350°С (мазут) - забирається насосом Н-5 з низу колони РК-2 і направляється в блок вакуумної перегонки, де відбирається широка масляна фракція (350 - 460°С) і гудрон (залишок вище 460 °С).

Верх колони СК залишають газу, сконденсовані і охолоджені в апаратах АПО-6, Х-4. Вони надходять в збірник ЗБ-3, звідки частина газів йде у лінію сухого газу. Зріджений газ забирається із збірника ЗБ-3 насосом Н-10 і подається на зрошення колони СК, його надлишок виводиться з установки в товарний збірник. Залишок стабілізаційної колони СК - стабільний продукт - із низу колони подається на блок вторинної перегонки (БВП), де бензин розділяється на фракції н.к. - 62 °С, 62 °С - 85 °С і фракції 85 - 120 °С (верхній продукт), 120 - 140°С (проміжна фракція) і 140 - 180 °С (нижній продукт).

1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування

Основне обладнання установки АВТ (атмосферний блок):

- ректифікаційні колони;
- теплообмінні апарати.

В залежності від тиску ректифікаційні колони поділяють на колони, що працюють під тиском, атмосферні і вакуумні.

Ректифікаційні колони, що працюють під тиском, використовуються на АВТ в процесах стабілізації бензинової фракції (колона СК). Основна колона РК-1 є

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

атмосферною, вакуумні призначені для перегонки мазуту.

В даній роботі використовуються тарільчаті колони. Тип тарілок - клапанні дискові. Клапанні тарілки мають коефіцієнт корисної дії більше 70%, гідравлічний опір 640 Па.

Кількість тарілок в колонах:

- 30 штук в колоні РК-1;
- 42 штук в колоні РК-2;
- 32 штук в колоні СК.

Розміри ректифікаційних колон наведені в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 - Геометричні розміри основних технологічних апаратів

Назва колони	Діаметр, м	Висота, м
РК-1	3,6	28
РК-2	4	32
СК	2,8	22

На АВТ використовуються теплообмінники типу «труба в трубі» і «з плаваючою головкою». Конденсатори і холодильники виконані у вигляді змієвиків із ребристих труб. Також на установці присутні апарати повітряного охолодження типу АВГ-ВВ. Коефіцієнти теплопередачі для різних кліматичних умов при роботі апаратів в якості конденсаторів і холодильників на АВТ становлять 235-258 Вт/(м²·К). АПО мають поверхню охолодження, скомпоновану із секцій ребристих труб, систему подачі повітря і регулюючі пристрої для зміни витрати повітря (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 - Характеристика АПО типу АВГ-ВВ

Показники	Значення
Поверхня теплообміну апарату, м ²	від 112 до 460
Довжина ребристих труб, м	4
Умовний тиск, МПа	до 6,3
Тип вентилятора	вісьовий
Діаметр колеса вентилятора, мм	2800
Номінальна потужність електродвигуна, кВт	20

Для нагріву нафтопродуктів на установці використовується трубчаста піч типу ГС 166/5,8. Її характеристика наведена в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Технічна характеристика печі типу ГС 166/5,8

Показники	Значення
Поверхня нагріву труб, м ²	166
Робоча довжина труб, м	5,8
Габаритні розміри, м:	
- довжина	8,7
- ширина	6,2
- висота	30

1.5 Вибір і обґрунтування параметрів контролю і регулювання

Як відомо усі збурюючі фактори усунути неможливо, то вони в свою чергу викликають зміну режимних параметрів та відповідно критерію управління, саме тому виникає потреба у регулюванні режимних параметрів.

Параметри за якими виконується оперативне управління технологічними процесами підлягають посиленому контролю. До зазначених параметрів можна віднести усі наявні режимні параметри, а також усі можливі вхідні а також вихідні параметри, в процесі зміни котрих на об'єкт поступають певні збурення.

На зазначеному етапі потрібно із усього масиву параметрів вибрати саме такі, що підлягають автоматичному регулюванню та очевидно зміною котрих доцільно вносити регулюючі впливи.

Основною регульованою величиною в процесі ректифікації є концентрація визначеного компонента в отриманому продукті. Інтенсивність протікання процесу ректифікації в колоні РК-1 залежить від гідродинамічного режиму, потоків речовин, а також від тепло- і масообміну між даними потоками, також РК-1 володіє великою інерційністю і запізнюванням.

Завдання управління процесом ректифікації в РК-1 полягає в отриманні цільового продукту заданого складу при мінімальних енергетичних витратах.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Цільовим продуктом ректифікації є дистилат.

При збільшенні тиску відбір дистилату зменшується, при цьому погіршується якість продукту, тобто чіткість ректифікації, тоді як використання пониженого тиску, близького до атмосферного дає можливість покращити якість отриманого продукту і покращити техніко-економічні показники процесу.

Нормальна робота РК-1 і якість продуктів перегонки забезпечується шляхом регулювання температурного режиму - відводом тепла в концентраційній і підводом у відгінній секціях колони, а також нагрівом сировини до оптимальної температури. Нагрівання вихідної суміші до високих температур призводить до зміни її структури, при цьому погіршується якість продуктів перегонки. В зв'язку з цим процес ректифікації проводиться із обмеженням по температурі нагріву.

Основною регульованою технологічною величиною є склад дистилату. На даний процес впливає - склад та параметри теплоносіїв, тиск в колоні. Склад дистилату регулюється зміною подачі флегми в колону, для цього регулюючий орган встановлюється на лінії подачі флегми. При збільшенні витрати вихідної суміші необхідно збільшити витрату флегми.

Параметри тиску і температури в процесі ректифікації взаємозв'язані: неможливо оптимізувати, наприклад, тільки тиск без врахування температурного режиму і навпаки (підвищення або пониження тиску в колоні ректифікації РК-1 супроводжується, як правило, відповідним підвищенням або пониженням температурного режиму). Температурний режим і тиск є одним з найбільш важливих параметрів процесу, зміною якого регулюється якість продукту ректифікації.

Основні технологічні параметри установки АВТ наведені в таблиці 1.8.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 1.8 - Значення параметрів контролю і регулювання

Найменування параметра	Вид позначення на ФСА	Межі коливання
Температура, °С:		
сировина на вході в колону РК-1	20-а	200 - 220
верх колони РК-1	21-а	80 - 90
верх колони РК-2	22-а	110 - 120
продукт на виході з печі П-1	1-а	340 - 350
продукт на виході з теплообмінника Т-1	16-а	100 - 180
продукт на виході з теплообмінника Т-2	17-а	140 - 160
продукт на виході з теплообмінника Т-3	18-а	400 - 420
продукт на виході з теплообмінника Т-4	19-а	280 - 300
продукт на виході з холодильника Х-1	10-а	60 - 70
продукт на виході з холодильника Х-2	12-а	80 - 90
продукт на виході з холодильника Х-3	14-а	60 - 70
продукт на вході в АПО-1	2-а	90 - 110
продукт на виході в АПО-2	3-а	100 - 110
продукт на вході в АПО-3	4-а	120 - 140
продукт на виході з АПО-4	5-а	240 - 350
продукт на виході з АПО-5	6-а	180 - 240
мазут на виході з РК-2	7-а	350 - 360
відпарна колона ВК-1	9-а	220 - 240
відпарна колона ВК-2	8-а	220 - 240
Тиск, МПа:		
верх колони РК-1	24-а	0,15
верх колони РК-2	26-а	0,08
низ колони РК-1	23-а	0,08 - 0,1
низ колони РК-2	25-а	0,03 - 0,05

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Найменування параметра	Вид позначення на ФСА	Межі коливання
Витрата, м ³ /год:		
сировина на вході в колону РК-1	27-а	20 - 25
продукт на виході з АПО-4	29-а	20
продукт на виході з АПО-5	28-а	20

1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу

Присутня система автоматичного керування має у своєму складі засоби та відповідні локальні пристрої застарілої автоматики із застосуванням ручного управління приводами насосів подачі нафти і побічних продуктів установки АВТ, регуляторів прямої дії для регулювання витрат вихідних продуктів, тисків в ректифікаційних колонах, місцевого контролю температури (ртутні термометри) і тиску (манометри) в основних технологічних апаратах, що значно підвищує зону обслуговування та складність обслуговування апаратури а відповідно і обладнання оператором чи деяким іншим персоналом установки. Увесь контроль протікання технологічного процесу виконується за допомогою використання вторинних приладів, що розміщені на щитах у операторній та котрі з'єднуються із давачами за допомогою використання пневмокабелів та компенсаційних провідників.

Виконаємо дослідження основного параметра, котрий необхідно контролювати а також регулювати у ректифікаційній колоні РК-1. Задача автоматизації полягає в регулюванні постійного тиску верху колони. Зазвичай одночасного виконання і чіткого розділення і інтенсивності а також економічності у ряді випадків досягти неможливо. Величина інтенсивності та економічності процесу зазвичай визначаються продуктивністю колони і компонентним складом вихідної сировини. Саме підтримка пониженого тиску верху колони є основним параметром. В базовому варіанті якість розділення нафтової суміші регулюється

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

побічним параметром - температурою верху колони. У випадку збільшення температури верху досліджуваної колони відбувається пропорційне підвищення якості вихідного продукту. Таке підвищення можливе тільки до певної межі оскільки при надмірному збільшенні вихідний продукт досліджуваної колони стає термічно нестабільним. У такому випадку, якість вихідного продукту не контролюється безпосередньо і як результат оператор не матиме можливості вчасно вносити потрібні корективи у процес. Оскільки параметри тиску і температури в процесі ректифікації взаємозв'язані, то використання існуючого алгоритму регулювання є недоцільним.

Виходячи з вищесказаного, можна стверджувати що регулювання тільки температурного режиму не гарантує одержання продукту потрібної якості.

Щоб покращити якість керування процесом перегонки нафти, а також для чіткого дотримання певних режимних, а також з метою максимального використання виробничих потужностей установки, та відповідно з метою зменшення енергоспоживання, певного забезпечення ритмічності виробництва, доцільним являється використання багатофункціональної мікропроцесорної техніки та промислових комп'ютерів.

Для автоматизації установки АВТ використовуємо мікропроцесорний контролер Modicon M340, який забезпечує вирішення багатьох задач керування. Даний контролер дозволяє вести локальне та каскадне та регулювання.

Мікропроцесорний контролер може обслуговувати до восьми незалежних контурів автоматичного керування та включає в собі поєднання аналогових і дискретних ввідів-виводів. Забезпечує переключення контурів регулювання.

У роботі як джерело отримання інформації запропоновано застосовувати сучасні засоби автоматизації, які за своїми технічними характеристиками дозволяють здійснювати з'єднання з Modicon M340, так як мають уніфікований вихідний сигнал 4-20мА.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу

В даному розділі описаний технологічний процес атмосферно-вакуумної перегонки нафти з використанням установки АВТ, та розкрито суть процесу ректифікації. Наведено характеристику сировини та одержаних продуктів, проаналізована та представлена технологічна схема установки і дана технічна характеристика технологічного обладнання.

Для безпечного та безперервного ходу технологічного процесу вибрані основні параметри контролю та регулювання (температури, витрати, тиску).

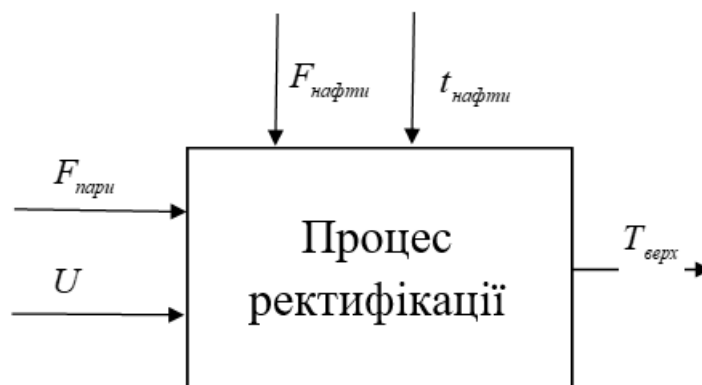
Вдосконалення нової системи автоматичного керування з впровадженням мікропроцесорного контролера Modicon M340 на установці атмосферно-вакуумної перегонки нафти приводить до збільшення продуктивності установки, збільшення якості вихідного продукту, зменшення енергетичних затрат, простоїв обладнання а також ремонтів за причиною збоїв у управлінні процесом. Зазначене впровадження у систему керування забезпечує безаварійну роботу як цілої установки так і апаратури.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1 Вибір об'єкта керування

Як уже було обумовлено у попередньому розділі ректифікаційна колона, у котрій відбувається розділення нафтової суміші на окремі фракції являється об'єктом регулювання. У досліджуваній колоні вхідним параметром являтиметься відкриття регулюючого органу (РО), тобто пари, яка подається в колону, а вихідним - температура верху колони РК-1 (рис. 2.1).



$F_{нафти}$ - подача зневодненої, знесоленої, нагрітої нафти; $t_{нафти}$ - температура нафти, яка подається в колону; $T_{верх}$ - температура верху колони; $F_{пари}$ - витрата пари в колону; U - керуючий вплив (положення регулюючого органу на лінії пари)

Рисунок 2.1 - Структурна схема ректифікаційної колони

2.2 Основні показники якості і критерії оптимальності системи автоматизації

У нашому випадку метою системи автоматичного керування являтиметься підтримання температури верху ректифікаційної колони для нормального протікання процесу. Зазначене регулювання виконується за допомогою певної витрати теплоносія, котрий поступає у випарник.

З метою оптимізації процесу автоматичного регулювання температури а також підтримання параметрів у певних встановлених межах застосуємо показники якості автоматичного регулювання, які зазначені у таблиці 2.1.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.1 – Показники якості

№ п/п	Показник	Значення
1	Похибка апроксимації експериментальних даних	$\leq 2,5\%$
2	Перерегулювання	$< 20\%$
3	Відхилення керованої величини від усталеного значення	$< 5\%$
4	Степінь затухання коливань	0,75 - 0,95%
5	Запас стійкості по амплітуді	0,5 - 0,6
6	Запас стійкості по фазі	30° - 60°

2.3 Експериментальне дослідження динаміки керованого об'єкта

З метою отримання динамічних характеристик потрібно пройти наступні три етапи:

1. Підготовка та планування експерименту.
2. Проведення експерименту.
3. Обробка результатів експерименту.

У даній кваліфікаційній роботі використано метод аперіодичних впливів, який ґрунтується на певному припущенні про лінійність об'єкта коли певна вхідна величина змінюється в деяких незначних межах, а певна вихідна змінна абсолютно чи частково являється не залежною від поточних просторових координат об'єкта керування.

Шляхом відкриття РО наноситимемо певний вхідний вплив та фіксуватимемо у цей час деяку зміну вихідної величини тобто сигнал від вимірювального перетворювача.

Поточний етап підготовки необхідної апаратури заключається у виборі приладів, котрі реєструватимуть зміну вихідної змінної.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.3.1 Обробка результатів експерименту

Отримані експериментальні дані за основним та задіяним допоміжним каналами регулювання зображені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Отримані в результаті активного експерименту дані за основним та допоміжним каналами регулювання

t, c	%, ВХ	$T_{\text{верх}}, ^\circ C$	$F_{\text{пару}}, \text{м}^3/\text{ГОД}$
0	15	70	44
20	15	70	61,6
40	15	73,8	72,16
60	15	79,24	78,32
80	15	83,76	82,28
100	15	86,36	84,4
120	15	87,92	85,844
140	15	88,8	86,7
160	15	89,3	87
180	15	89,56	87,73
200	15	89,76	87,82
220	15	89,86	88
240	15	89,92	88
260	15	89,96	88
280	15	89,98	88
300	15	89,98	88
320	15	90	88
340	15	90	88
360	15	90	88
380	15	90	88
400	15	90	88

Відповідно до значень представлених у таблиці 2.2 здійснено побудову експериментальної перехідної характеристики за основним та допоміжним

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

каналами регулювання (рис. 2.2 та рис. 2.3).

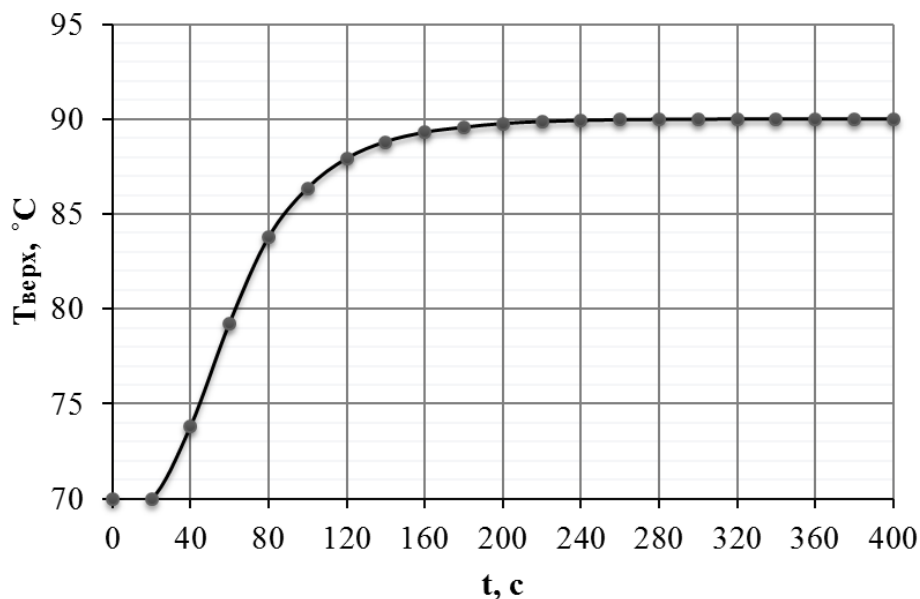


Рисунок 2.2 - Перехідна характеристика за основним каналом автоматичного регулювання у експериментальних одиницях

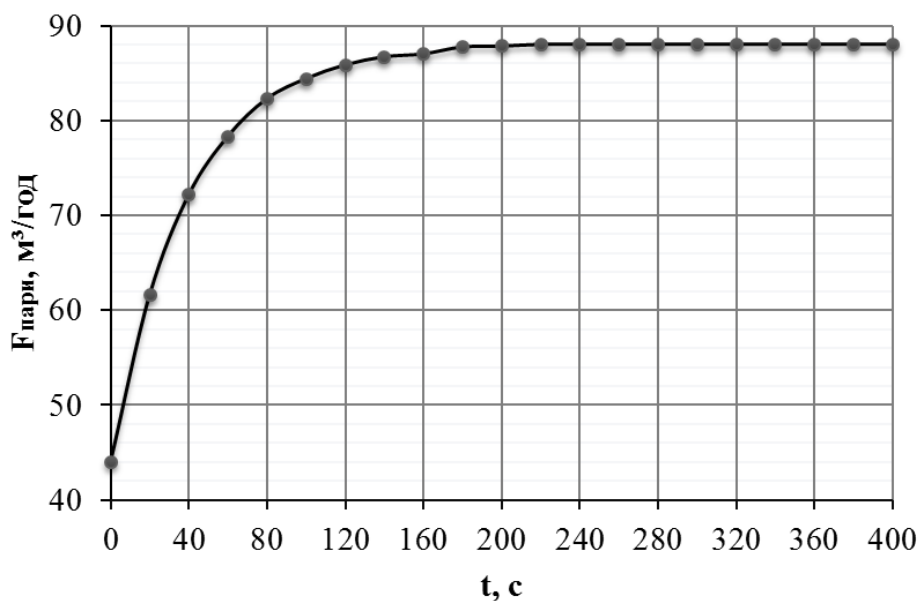


Рисунок 2.3 - Перехідна характеристика за допоміжним каналом автоматичного регулювання у експериментальних одиницях

Для подальшого аналізу системи нам необхідно привести характеристику до безрозмірних величин згідно таких формул:

$$y_{вих18} = \frac{90 - 70}{90 - 70} = 1;$$

$$y_{вих19} = \frac{90 - 70}{90 - 70} = 1;$$

$$y_{вих20} = \frac{90 - 70}{90 - 70} = 1.$$

Одержані під час розрахунків значення зводимо у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Зведені експериментальні значення за основним каналом регулювання у безрозмірних одиницях

t, c	$y_{вих}$	x_{ex}	t, c	$y_{вих}$	x_{ex}
0	0	1	200	0,988	1
20	0	1	220	0,993	1
40	0,19	1	240	0,996	1
60	0,462	1	260	0,998	1
80	0,688	1	280	0,999	1
100	0,818	1	300	0,999	1
120	0,896	1	320	1	1
140	0,94	1	340	1	1
160	0,965	1	360	1	1
180	0,978	1	380	1	1
			400	1	1

Відповідно до представлених у таблиці 2.3 даних виконаємо побудову експериментально отриманої перехідної характеристики у безрозмірних одиницях (рисунок 2.4). З метою визначення функції передачі апроксимацію проводимо за допомогою програмного продукту Аргох. В результаті обчислень отримано наступну передавальну функцію:

$$W_0(p) = \frac{-10,7920p + 1,0}{5689,8740p^3 + 1084,0770p^2 + 61,2330p + 1,0}. \quad (2.2)$$

Похибка апроксимації у точці $t = 20c$ рівна 1,5% і являється максимальною (додаток А1).

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

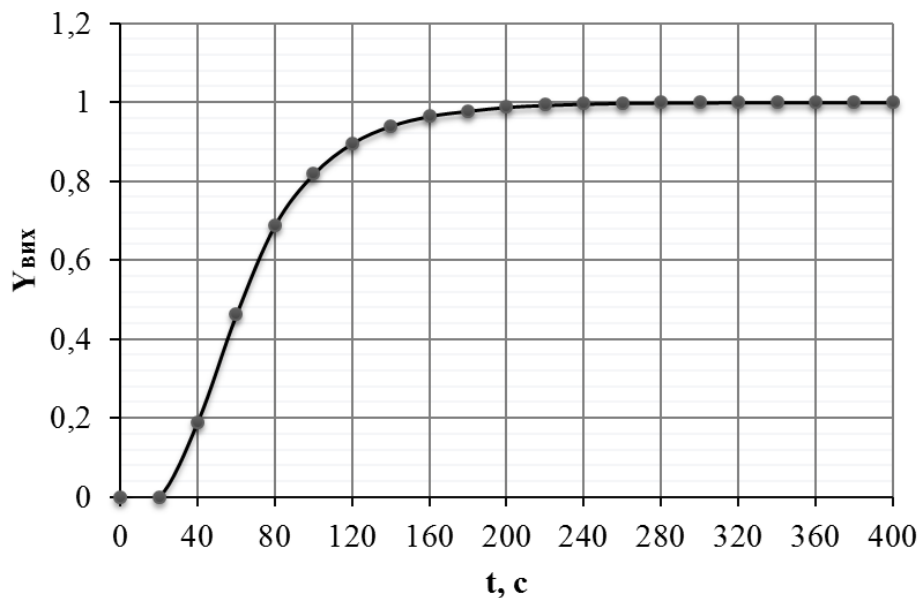


Рисунок 2.4 – Експериментально отримана перехідна характеристика для основного каналу регулювання в безрозмірних одиницях

Проведемо розрахунок для допоміжного каналу:

$$x_{\text{вх}} = 1.$$

$$y_{\text{вих}0} = \frac{44,00 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,00;$$

$$y_{\text{вих}1} = \frac{61,60 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,00;$$

$$y_{\text{вих}2} = \frac{72,16 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,64;$$

$$y_{\text{вих}3} = \frac{78,32 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,78;$$

$$y_{\text{вих}4} = \frac{82,28 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,87;$$

$$y_{\text{вих}5} = \frac{84,40 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,92;$$

$$y_{\text{вих}6} = \frac{85,844 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,95;$$

$$y_{\text{вих}7} = \frac{86,70 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,97;$$

$$y_{\text{вих}8} = \frac{87,00 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,977;$$

$$y_{\text{вих}9} = \frac{87,73 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,994;$$

$$y_{\text{вих}10} = \frac{87,82 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 0,996;$$

$$y_{\text{вих}11-20} = \frac{88,00 - 44,00}{88,00 - 44,00} = 1,00.$$

Одержані під час розрахунків значення зводимо у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведені експериментальні значення за допоміжним каналом регулювання у безрозмірних одиницях

t, c	$y_{вих}$	$x_{вх}$	t, c	$y_{вих}$	$x_{вх}$
0	0	1	200	0,996	1
20	0,4	1	220	1	1
40	0,64	1	240	1	1
60	0,78	1	260	1	1
80	0,87	1	280	1	1
100	0,92	1	300	1	1
120	0,95	1	320	1	1
140	0,97	1	340	1	1
160	0,977	1	360	1	1
180	0,994	1	380	1	1
			400	1	1

Відповідно до представлених у таблиці 2.4 даних виконаємо побудову експериментально отриманої перехідної характеристики у безрозмірних одиницях (рис. 2.5).

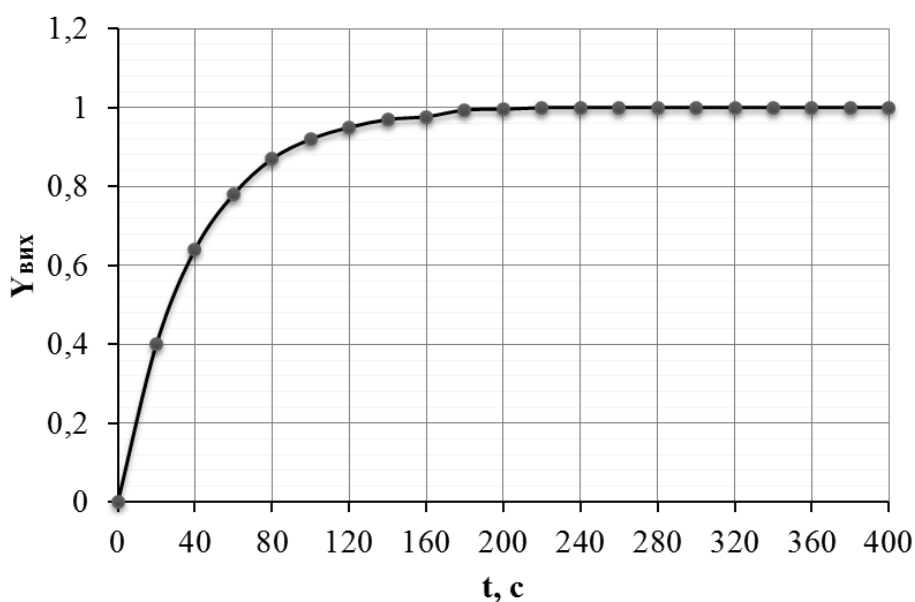


Рисунок 2.5 - Експериментально отримана перехідна характеристика для допоміжного каналу регулювання в безрозмірних одиницях

З метою визначення функції передачі апроксимацію проводимо за допомогою програмного продукту Arrox. В результаті обчислень отримано наступну передавальну функцію:

$$W_1(p) = \frac{1,0}{39,1860p + 1,0}. \quad (2.3)$$

Похибка апроксимації в точці $t = 160с$ рівна 0,06% і являється максимальною (додаток А2).

Висновки до розділу

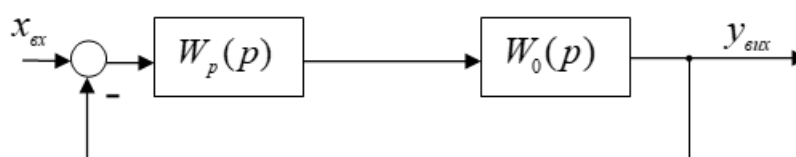
Здійснено обґрунтування об'єкта керування, а також визначено його структурну схему дивлячись з точки зору об'єкта автоматизації. За допомогою програмного продукту Arrox виконано апроксимацію експериментально отриманих даних.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1 Розрахунок параметрів одноконтурної САК

З отриманих вище результатів можемо стверджувати, що досліджуваний об'єкт являється об'єктом, який володіє самовирівнюванням (рис. 3.1) та працює за повного навантаження. Для досягнення потрібних показників якості САК та для забезпечення потрібної якості перехідних процесів та з метою підвищення стійкості САК виберемо регулятор, який володіє ПІ – законом автоматичного регулювання.



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

Рисунок 3.1 - Структура одноконтурної САК

Функція передачі ПІ - регулятора має такий вигляд:

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

Функція передачі розімкненої системи автоматичного керування має наступний вигляд:

$$W_{роз}(p) = W_p(p) \cdot \frac{-10,7920p + 1,0}{5689,8740p^3 + 1084,0770p^2 + 61,2330p + 1,0}; \quad (3.2)$$
$$W_{роз}(p) = \frac{C_1 p + C_0}{p} \cdot \frac{-10,7920p + 1,0}{5689,8740p^3 + 1084,0770p^2 + 61,2330p + 1,0} =$$
$$= \frac{(C_1 p + C_0)(-10,7920p + 1,0)}{5689,8740p^4 + 1084,0770p^3 + 61,2330p^2 + 1,0p}.$$

Функція передачі замкнутої системи автоматичного керування у загальному випадку є такою:

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

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{зам}(p) = \frac{(-10.792p + 1)(C_1p + C_0)}{5689.874p^4 + 1084.077p^3 + 61.233p^2 + p} =$$

$$1 + \frac{(-10.792p + 1)(C_1p + C_0)}{5689.874p^4 + 1084.077p^3 + 61.233p^2 + p}$$

$$= \frac{(-10.792p + 1)(C_1p + C_0)}{5689.874p^4 + 1084.077p^3 + 61.233p^2 + p + (-10.792p + 1)(C_1p + C_0)}.$$

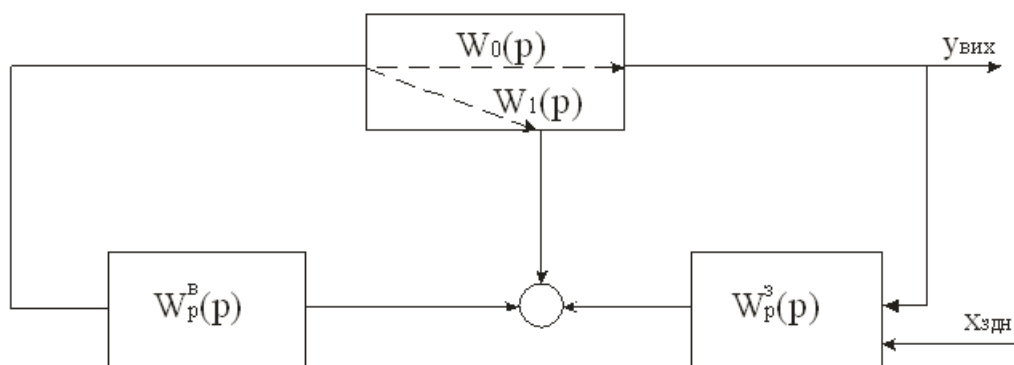
Знаходження оптимальних параметрів налаштування регулятора здійснимо за допомогою підпрограми Tune програмного пакету Matlab. Відповідно до додатку Б1 отримаємо такі результати: $K_p = C_1 = 0.6288$, $K_i = C_0 = 0.01421$.

Виконавши певні перетворення отримаємо таку функцію передачі:

$$W_{зам}(p) = \frac{-6.786p^2 + 0.475p + 0.01421}{5689.874p^4 + 1084.077p^3 + 54.447p^2 + 1.475p + 0.01421}.$$

3.2 Розрахунок параметрів каскадної САК

З метою реалізації каскадної САК (рис. 3.2) необхідно до основного контуру автоматичного керування додати ще один допоміжний малоінерційний контур автоматичного регулювання. Таким контуром автоматичного регулювання є контур регулювання витрати пари в колону РК-1.



$W_0(p)$ - передавальна функція за основним каналом регулювання;

$W_1(p)$ - передавальна функція за допоміжним каналом регулювання;

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

Рисунок 3.2 - Структура каскадної САК

										Арк.
										34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ					

Процес розрахунку каскадної САК почнемо із розрахунків для основного регулятора, передавальна функція котрого має такий вигляд:

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

Виконавши припущення, що частота основного контуру, яка являється робочою W_p' являється суттєво меншою за робочу частоту допоміжного контуру W_p'' та у випадку коли $W = W_p'$ справедливою являтиметься така нерівність:

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

Отже можна тримати наступні результати:

$$\begin{aligned} W_e'(p) &= \frac{W_0(p)}{W_1(p)} = \frac{-10.792p + 1}{5689.874p^3 + 1084.077p^2 + 61.233p + 1} = \\ &= \frac{1}{39.186p + 1} \\ &= \frac{-422.895p^2 + 28.394p + 1}{5689.874p^3 + 1084.077p^2 + 61.233p + 1}. \end{aligned}$$

Знаходження оптимальних параметрів налаштування ПІ - регулятора проведемо за допомогою підпрограми Tune програмного продукту Matlab. Відповідно до додатку Б2 отримаємо такі результати: $K_p = C_1 = 0,4537$, $K_i = C_0 = 0,02555$.

З урахуванням отриманих вище результатів можемо стверджувати, що передавальна функція для основного каналу регулювання матиме наступний вигляд:

$$W_p^z(p) = \frac{0,4537p + 0,02555}{p}. \quad (3.6)$$

Виконаємо процес розрахунку для допоміжного каналу автоматичного регулювання:

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

Здійснивши деякі підстановки одержимо:

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W''(p) = \frac{-10.792p + 1}{5689.874p^3 + 1084.077p^2 + 61.233p + 1} \cdot \frac{0,4537p + 0,02555}{p} + \frac{1}{39.186p + 1} =$$

$$= \frac{5689.874p^4 + 892.21p^3 + 63.31p^2 + 2.18p + 0.02555}{222963.403p^5 + 48170.51p^4 + 3483.55p^3 + 100.42p^2 + p}$$

Знаходження оптимальних параметрів налаштування ПІ - регулятора здійснимо за допомогою підпрограми Tune програмного продукту Matlab. Користуючись додатком БЗ отримаємо таку функцію передачі:

$$W_p^e(p) = \frac{187,60p + 15,71}{1,0p}$$

У загальному функція передачі каскадної САК має такий вигляд:

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

Виконавши усі підстановки а також перетворення отримаємо наступну функцію передачі для каскадної САК:

$$W_e^{кас}(p) = \left(\begin{array}{l} -35994,360p^4 - 2624,520p^3 + \\ +253,850p^2 + +23,320p + 0,4013905 \end{array} \right) / \left(\begin{array}{l} 222963,40p^6 + 1115590,90p^5 + \\ +260249,90p^4 + 25994,060p^3 + \\ +1404,420p^2 + 39,030p + 0,4013905 \end{array} \right)$$

3.3 Дослідження на стійкість одноконтурної САК

Критерій стійкості Михайлова формулюється так: автоматична система керування стійка, якщо при змінюванні ω від 0 до ∞ годограф огинає проти годинникової стрілки початок координат та проходить n квадрантів (n – порядок системи). Якщо система знаходиться на межі стійкості, то годограф проходить через початок координат (це відповідає наявності пари спряжених коренів).

Характеристичний поліном одноконтурної САК має такий вигляд:

$$F(p) = 5689,8740p^4 + 1084,0770p^3 + 54,4470p^2 + 1,4750p + 0,014210.$$

Виконаємо прирівняння даного полінома до нуля:

$$5689,8740p^4 + 1084,0770p^3 + 54,4470p^2 + 1,4750p + 0,014210 = 0.$$

Характеристичний поліном після заміни $p = j\omega$ матиме такий вигляд:

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$5689,8740\omega^4 - 1084,0770j\omega^3 - 54,4470\omega^2 + 1,4750j\omega + 0,014210 = 0.$$

Із характеристичного полінома виділимо дійсну а також уявну складові:

$$P(\omega) = 5689.874\omega^4 - 54.447\omega^2 + 0.01421;$$

$$Q(\omega) = -1084.077\omega^3 + 1.475\omega.$$

За допомогою програмного продукту Mathcad виконаємо процес побудови годографа Михайлова а результат відобразимо у додатку В1. Із матеріалів зазначених у вказаному додатку можемо зробити висновок про стійкість системи згідно критерію Михайлова оскільки годограф проходить чотири квадранти та прямує у нескінечність.

3.4 Дослідження на стійкість каскадної САК

Характеристичний поліном каскадної САК має такий вигляд:

$$F(p) = 222963,40p^6 + 1115590,90p^5 + 260249,90p^4 + \\ + 25994,060p^3 + 1404,420p^2 + 39,030p + 0,40139050.$$

Виконаємо прирівняння даного полінома до нуля:

$$222963,40p^6 + 1115590,90p^5 + 260249,90p^4 + \\ + 25994,060p^3 + 1404,420p^2 + 39,030p + 0,40139050 = 0.$$

Характеристичний поліном після заміни $p = j\omega$ матиме такий вигляд:

$$- 222963.4\omega^6 + 1115590.9j\omega^5 + 260249.9\omega^4 - 25994.06j\omega^3 - \\ - 1404.42\omega^2 + 39.03j\omega + 0.4013905 = 0.$$

Із характеристичного полінома виділимо дійсну а також уявну складові:

$$P(\omega) = -222963.4\omega^6 + 260249.9\omega^4 - 1404.42\omega^2 + 0.4013905;$$

$$Q(\omega) = 1115590.9\omega^5 - 25994.06\omega^3 + 39.03\omega.$$

За допомогою програмного продукту Mathcad виконаємо процес побудови годографа Михайлова а результат відобразимо у додатку В2. Із матеріалів зазначених у вказаному додатку можемо зробити висновок про стійкість системи згідно критерію Михайлова оскільки годограф проходить шість квадрантів та прямує у нескінечність.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

3.5 Оцінка якості керування за перехідними характеристиками

З метою адекватної оцінки якісних показників перехідного процесу виконаємо побудову перехідної характеристики одноконтурної САК. Таку побудову проведемо за допомогою використання компоненту Simulink програмного продукту Matlab (рис. 3.3).

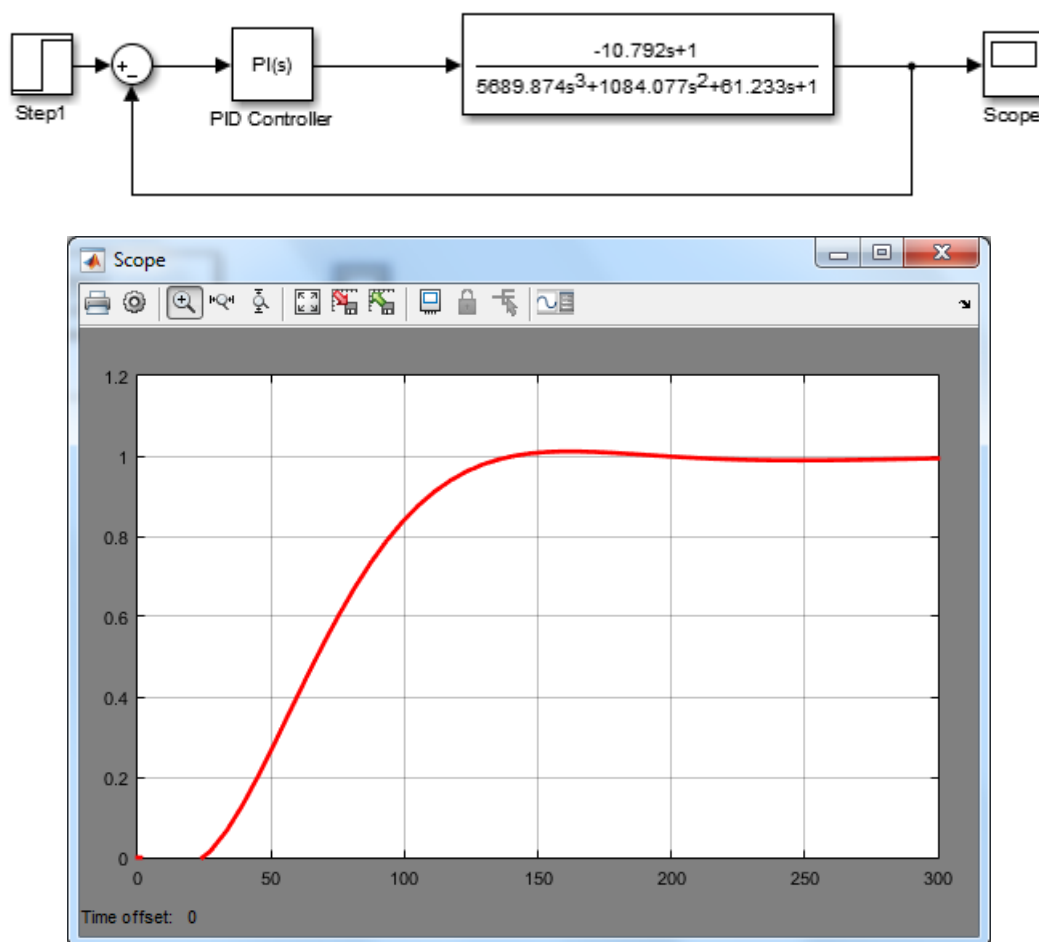


Рисунок 3.3 - Перехідна характеристика одноконтурної САК змодельована у Matlab

З наведеної перехідної характеристики виділимо такі показники:

- перерегулювання:

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

- тривалість перехідного процесу:

$$t_n = 135,00 \text{ с.}$$

З метою адекватної оцінки якісних показників перехідного процесу

виконаємо побудову перехідної характеристики каскадної САК. Таку побудову проведемо за допомогою компоненту Simulink, який вбудований у програмний продукт Matlab (рис.3.4).

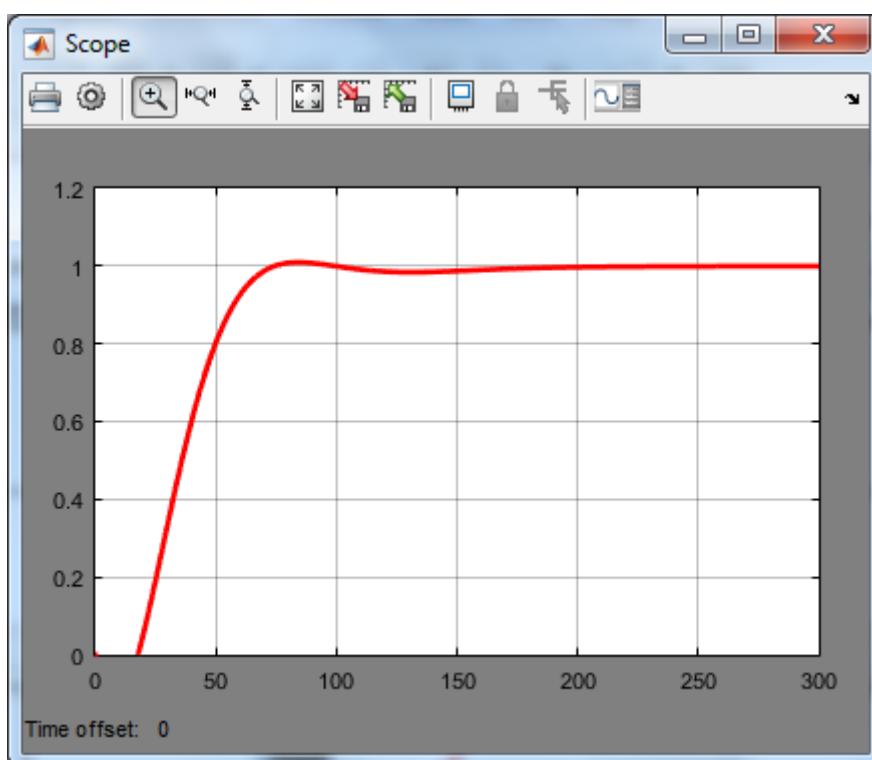
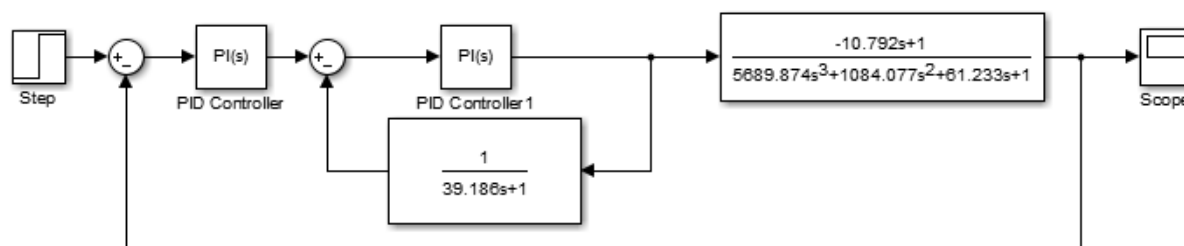


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика каскадної САК змодельована у Matlab

З наведеної перехідної характеристики виділимо такі показники:

- перерегулювання:

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

- тривалість перехідного процесу:

$$t_n = 70,00 \text{ с};$$

Висновки до розділу

Виконано розробку та дослідження одноконтурної та каскадної САК.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Виконано аналіз стійкості розроблених САК за критерієм Михайлова, який засвідчив стійкість усіх САК.

Виконано моделювання перехідних характеристик у програмному продукті Matlab за допомогою яких визначено показники якості САК.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

4 РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

4.1 Вибір технічних засобів автоматизації

Процес вибору приладів виконується у відповідності до призначення таких приладів, поточних метрологічних характеристик а також умов їхньої експлуатації. З точки зору метрології прилади характеризуються деякою границею пропорційності та щонайважливіше точністю процесу вимірювання. Зазвичай клас точності позначається цифрами, що рівні деякому допустимому значенню певної приведеної похибки котра виражена в процентах.

Дивлячись зі сторони виду виконання усі вибухозахищені прилади та обладнання бувають вибухонепроникними; маслonaповненими підвищеної точності проти вибуху; із кварцевим заповненням та спеціальними. Вибухозахищені прилади можуть мати різні види вибухозахисту.

Здійснивши вибір типу приладу дивлячись зі сторони відповідності до його призначенням а також умов експлуатації, починається вибір метрологічних характеристик приладів. На першому етапі вибиратимемо границю виміру приладів, а уже потім його клас точності. Для даного проекту процес вибору засобів автоматизації виконуємо, виходячи з наступних вимог щодо вимірювання та сигналізації:

- 1) Вимірювання рівня із приведеною похибкою $\pm 3\%$, а сигналізація рівня з похибкою $\pm 4\%$.
- 2) Вимірювання витрати з приведеною похибкою $\pm 2,5$.
- 3) Вимірювання тиску із приведеною похибкою $\pm 1,15\%$, а сигналізація тиску з похибкою $\pm 2,5\%$.
- 4) Вимірювання температури із допустимою похибкою $\pm 3,0^{\circ}\text{C}$;

4.1.1 Вибір давачів температури

Для каналу вимірювання температури використовуємо давачі ТСП Pt50, технічні характеристики яких наведені в таблиці 4.1, і вторинний прилад типу

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Зазвичай терморегулятори МТР-8 застосовують для систем різного роду сигналізацій, захисту а також блокування компресорів, турбін, холодильного а також іншого різноманітного технологічного устаткування.

Терморегулятори використовуються як для автономного так само й для комплексного використання в автоматизованій системі керування технологічним процесом (АСК ТП) у різних галузях промисловості а також народного господарства.

Вбудована у терморегулятор МТР-8 програмна пам'ять має потрібну кількість стандартних функцій, яка потрібна для управління найрізноманітнішими технологічними процесами. У базі присутні блоки для: порівняння результатів перетворення із певними уставками мінімуму та максимуму а також сигналізацію відхилень; програмне калібрування каналів на основі зовнішнього зразкового джерелом аналогового сигналу; можливість цифрової фільтрації.

Таблиця 4.2 - Технічна характеристика сигналів МТР-8

Назва технічної характеристики	Значення
Роздільна здатність АЦП	$\leq 0,024 \%$ (12 розрядів)
Тип вхідного аналогового сигналу	0 - 5 мА ($R_{вх} = 400 \text{ Ом}$) 0 - 20 мА ($R_{вх} = 100 \text{ Ом}$) 4 - 20 мА ($R_{вх} = 100 \text{ Ом}$)
Період оновлення інформації	$\leq 0.2 \text{ с.}$
Кількість аналогових входів	8
Період вимірювання одного каналу	$\leq 0.2 \text{ с.}$
Вплив температури н/с	$\leq 0,04 \%/^{\circ}\text{C}$
Точність індикації	0,01 %

4.1.2 Вибір давачів тиску

Для каналу вимірювання тиску вибираємо давачі типу Eclipse, фірми Honeywell, технічна характеристика якого наведена в таблиці 4.3.



Рисунок 4.3 - Загальний вигляд давача тиску Eclipse-15

Таблиця 4.3 - Технічна характеристика Eclipse-15

Характеристика	Значення
Максимальний робочий тиск, кПа	1519.88
Максимальний робочий тиск, PSI	220
Максимальний робочий тиск, дюйми водяного стовпа	6102
Максимальний робочий тиск, мм ртутного стовпа	11400
Максимальний робочий тиск, мм водяного стовпа	151620
Максимальний робочий тиск, бар	15
Максимальний робочий тиск, атм	15
Тип датчика	Відносний
Тип вихідного інтерфейсу струм	4-20мА
Діапазон робочих температур, град. С	-40 ... 105

4.1.3 Вибір давачів витрати

З метою вимірювання витрати виберемо багатопараметричний інтелектуальний витратомір фірми Fisher-Rosemount, а саме модель 8800.

У якості вимірюваного середовища може виступати рідина, пара, газ.

Витратомір моделі 8800 (рис. 4.4) являється одним із пристроїв сімейства

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Rosemount SMART FAMILY, які використовують з метою обміну даними загальний протокол HART. Застосування цифрових технологій дає можливість витратоміру забезпечувати максимальну надійність і точність вимірювань. Його додатковою перевагою являється легкість під'єднання. Наявний зварний корпус абсолютно не вимагає будь якої герметизації та відповідно знижує можливість випадкових викидів. У вибраному витратомірі абсолютно відсутні канали а також щілини, котрі можуть забиватися а відповідно і погіршувати характеристики витратоміра, які наведені у таблиці 4.4.



Рисунок 4.4 - Fisher-Rosemount 8800

Таблиця 4.4 – Загальні характеристики витратоміра 8800

Назва параметра	Значення параметра
Середовище вимірювань	рідина, газ, пара
Межа допустимої основної похибки:	
- по струмовому виходу	1,35
- по цифровому і імпульсному виходу:	
1) для рідини (% від витрати)	0,65
2) для пари, газу (% від витрати)	1,35
Вихідні сигнали (мА)	4-20
Стабільність (0,1% від витрати)	12 місяців
Надлишковий тиск в трубопроводі (МПа)	3,5

Назва параметра	Значення параметра
Температура вимірюваного середовища:	
- високотемпературне виконання (°C)	-200 - 427
- стандартне виконання (°C)	-40 - 232

Даний витратомір виконує вимірювання витрати із урахуванням динаміки зміни таких параметрів середовища як: температура, тиск, а також такі значення змінних у рівняннях витрати, як в'язкість, густина, стиск або розширення газу. Вмонтований процесорний блок у давачі надає можливість поточного проведення самодіагностики давача.

Вагомими перевагами експлуатації зазначеного витратоміра являються:

- можливість використовувати у процесі роботи один витратомір, що обумовлено широким динамічним діапазоном вимірювань;
- наявність мікропроцесорної електроніки зменшує час встановлення витратоміра;
- немає потреби безпосереднього контакту з витратоміром оскільки увесь обмін даними здійснюється за допомогою HART-комунікатора;
- можливість одночасного виведення аналогових, цифрових а також імпульсних вихідних сигналів надає можливість контролю та регулювання витрати за допомогою кількох пристроїв;
- наявність розширеного температурного діапазону надає можливість проведення вимірювань різноманітних технологічних процесів;
- гнучкість монтажу підвищує те, що витратомір може бути оснащений як вбудованим так і виносним електронним блоком;
- наявність загальних модулів забезпечують зменшення кількості запасних деталей.

Поєднання в одному приладі таких функцій, як розрахунок витрати, багатопараметричні виміри, самодіагностика а також інші функції роблять вибрані давачі ідеальними для вимірювання витрати.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4.1.4 Вибір давачів рівня

З метою вимірювання значення рівня використовуватимемо перетворювачі гідростатичного тиску Сапфір-22ДГ 2530, котрі можна налаштовувати на будь-який абсолютно не стандартний діапазон вимірювання у деяких межах від 4 кПа до 40 кПа.

Рівнемір володіє такими основними характеристиками:

- клас точності - $\pm 0,5\%$;
- температура вимірюваного середовища - до 300 °С;
- струмовий вихід - 4...20 мА.



Рисунок 4.5 - Перетворювач гідростатичного тиску Сапфір-22ДГ 2530

4.1.5 Вибір виконавчого механізму

Вибраний електропривідний клапан V2001-Е3 використаємо в якості виконавчого механізму (ВМ).

Процес підбору ВМ виконано по пропускній здатності, а також максимальному тиску і за діаметром умовного проходу.

Задіяні регулюючі клапани працюють як з рідкими так і з газоподібними середовищами і водяною парою.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.6 - Виконавчий механізм V2001-E3

ВМ V2001 вмонтовується у привід, який має тип 3372 та щільний затвор, а також вхідні сигнали 4...20 мА та максимальний тиск живлення < 6 атм.

4.1.6 Вибір контролера

Функції керування реалізуємо програмно на мікропроцесорному контролері Modicon M340 (рис. 4.7).



Рисунок 4.7 - Загальний вигляд контролера Modicon M340

Контролери Modicon M340 представляють інструмент для вирішення будь-яких завдань автоматизації.

Вдосконалені характеристики:

- 4 МБ пам'яті для зберігання програм;
- 256 КБ для зберігання даних.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Спеціальні функції:

- модулі лічильника з готовим набором функцій;
- розширена бібліотека блоків регулювання з акцентом на управління агрегатами.

Міцність, надійність:

- конструкція монтажного шасі дозволяє встановлювати і витягувати модулі безпосередньо під час роботи (Hot-swap);
- задовольняє вимоги стандартів по механічних ударах, вібрації, дії температури, висоті і стійкості до електромагнітних перешкод.

Стандартний і вдосконалений процесорні модулі платформи автоматизації Modicon M340 забезпечують повноцінне управління всім монтажним шасі ПЛК, оснащеним максимум 11 слотами під установку:

- модулів дискретних входів/виходів;
- модулів аналогових входів/виходів;
- спеціалізованих модулів.

На передній панелі вдосконалених процесорних модулів BMX P34 2030 передбачені наступні засоби індикації і роз'єми:

Блок індикації, який залежно від моделі може мати 8 або 10 світлодіодних індикаторів:

- індикатор RUN (зелений): Робота процесорного модуля (виконання програми);
- індикатор ERR (червоний): Несправність процесорного модуля або системи;
- індикатор I/o (червоний): Несправність модулів введення/виводу;
- індикатор SER COM (жовтий): Обмін по послідовному інтерфейсу Modbus;
- індикатор CARD ERR (червоний): Карта пам'яті відсутня або несправна;
- індикатор ETH ACT (зелений): Обмін по мережі Ethernet Tcp/ip;
- індикатор ETH STS (зелений): Стан мережі Ethernet Tcp/ip;
- індикатор ETH 100 (червоний): Швидкість передачі даних по мережі

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Ethernet Tcp/ip (10 або 100 Мбіт/с);

- Модель BMX P34 2030 додатково має:

- індикатор CAN RUN (зелений): Робота вбудованого порту CAN;

- індикатор CAN ERR (червоний): Несправність вбудованого порту CAN.

Відсік під карту пам'яті для зберігання резервної копії даних (розташований над відсіком світлодіодний індикатор показує, коли йде звернення до карти або її розпізнавання).

На задній панелі розташовані два перемикача привласнення IP-адресу. Адресу можна привласнити одним з трьох наступних способів:

- адрес привласнюється двома перемикачами;

- адрес привласнюється в параметрах додатку;

- адрес привласнюється сервером Ethernet Tcp/ip BOOTP.



Рисунок 4.8 - Загальний вигляд процесорного модуля BMX P34 2030
Існує два типи модулів живлення:

- модулі живлення від змінного струму;

- модулі живлення від постійного струму.



Рисунок 4.9 - Загальний вигляд модуля живлення BMX CPS 2000

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Модулі живлення вибираються виходячи з таких характеристик:

- живлення: 24В, 48В або 100...240В;
- необхідна потужність.

На лицьовій панелі модулів живлення BMX CPS 2000 розташовані наступні засоби індикації/управління і роз'єми:

1. Блок індикації, що складається з наступних світлодіодних індикаторів:

- індикатор ОК (зелений, спалахує за наявності необхідної напруги живлення на монтажному шасі);

- індикатор 24v (зелений), спалахує за наявності напруги живлення; давача (тільки модулі живлення BMX CPS 2000/3500 AC);

2. 2-контактний роз'єм під знімну клемну колодку (гвинтову або пружинну) для підключення реле сигналізації;

3. 5-контактний роз'єм під знімну клемну колодку (гвинтову або пружинну) для підключення:

- кабелю живлення постійного або змінного струму;

- захисного заземлення;

- кабелю виділеного живлення напругою 24В для підключених давачів (тільки для модулів живлення BMX CPS 2000/3500 AC).

Модулі дискретного вводу/виводу для платформи автоматизації Modicon M340 є стандартними модулями, що займають один слот і оснащені одним з наступних роз'євів:

- роз'євом під гвинтову або пружинну 20-контактну знімну клемну колодку;

- одним або двома 40-контактними сполучними роз'євами.

Велика кількість дискретних входів і виходів в змозі задовольнити будь-яким вимогам з точки зору:

- функцій - входи/виходи змінного або постійного струму, позитивна або негативна логіка;

- модульності - 8, 16, 32 або 64 каналів на модуль.

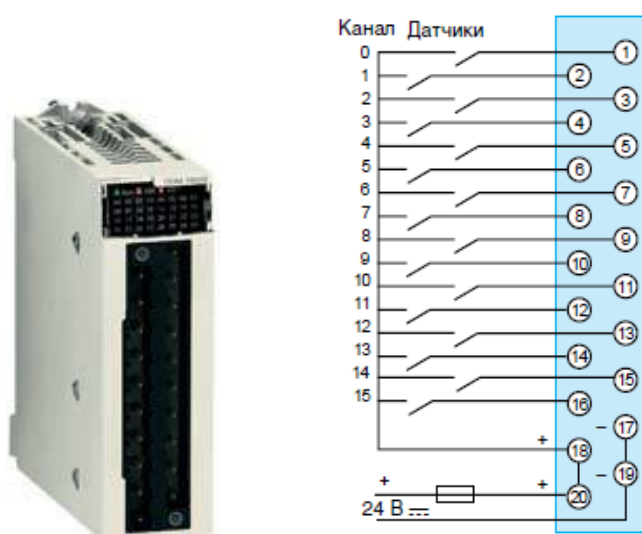
На входи модуля можуть подаватися сигнал датчиків і при цьому

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

забезпечується:

- збір сигналів;
- адаптація рівнів;
- електрична розв'язка;
- фільтрація;
- захист від перешкод.

На виходах «запам'ятовуються» сформовані процесорним модулем команди і при цьому забезпечується управління по ланцюгах дискретних каналів і аналогових виходів.



а) загальний вигляд; б) схема підключення

Рисунок 4.10 - Модуль BMX DDM 16022

До складу модулів аналогового вводу/виводу входять:

- три ізольовані модулі аналогового вводу;
- 4 і 8 аналогових каналів для термопар і датчиків температури Pt, Ni або Cu;
- один модуль аналогового вводу з 2 каналами напруги/струму.

У модулях аналогового вводу/виводу передбачений роз'єм під 20-контактну знімну клемну колодку, за винятком модулів аналогового введення з термопарами/датчиками температури, які забезпечені 40-контактним сполучним роз'ємом.



Рисунок 4.11 - Модуль BMX ART 0414

Всі аналогові модулі займають один слот монтажних шасі. Ці модулі можна встановлювати в будь-який слот монтажного шасі, окрім перших двох, які зарезервовані для установки модуля живлення і процесорного модуля, відповідно. Постачання аналогових модулів електроживленням здійснюється по об'єднуючій шині (3,3 В і 24 В).

Модулі аналогового вводу/виводу можна витягувати і встановлювати без відключення живлення.

У конфігурації Modicon M340 з одним монтажним шасі максимальна кількість аналогових каналів залежить від кількості доступних слотів монтажного шасі (макс. 11 слотів).

З метою перетворення інтерфейсу з RS-485 у RS-232, що дає можливість використовувати на верхньому рівні системи ПЕОМ, застосовуємо блок перетворення інтерфейсів БПІ-485.

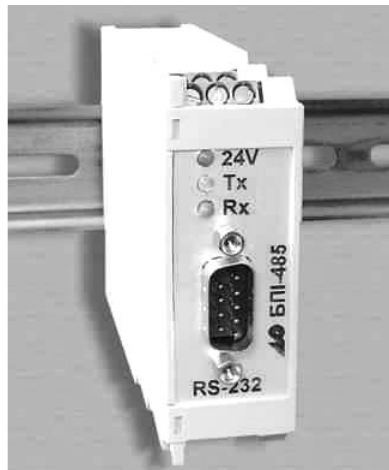


Рисунок 4.12 - Загальний вигляд БПІ-485

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Головні технічні характеристики БПІ-485 є наступними:

- Напруга ізоляції - 1000В.
- Кількість каналів перетворення інформації - 1.
- Трьохрівнева гальванічна ізоляція за входом, виходом, живленням).
- Максимальна споживана потужність 2 Вт або 65 мА.
- Значення температури навколишнього середовища у межах від мінімум +5°C до максимум +50°C.
- Від мережі постійного струму живлення від мінімум 20 В до максимум 30В.

4.2 Технічна реалізація системи автоматизації

4.2.1 Розробка функціональної схеми

Основним технічним документом, котрий вибирає функціонально-блочну структуру усіх окремих вузлів системи автоматичного керування, контролю та регулювання а відповідно і забезпечення керованого об'єкта приладами а також засобами автоматизації являється функціональна схема автоматизації (ФСА).

Найефективніше поставлені задачі системи автоматизації вирішуються в процесі розроблення технологічного процесу.

Зазвичай в процесі розробки ФСА виникає потреба у зміні технологічних схем для пристосування їх до встановлених вимог системи автоматизації.

У процесі розроблення ФСА потрібно вирішувати такі питання:

- можливість безпосереднього впливу на технологічний процес з метою його керування;
- отримання вичерпної первинної інформації про актуальний стан розроблюваного технологічного процесу, а також задіяного устаткування;
- ефективна і своєчасна стабілізація параметрів технологічного процесу;
- ефективний контроль а також реєстрація технологічних параметрів процесу а також стану задіяного технологічного обладнання.

Як результат складання функціональної схеми являється:

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- вибір усіх потрібних технічних засобів автоматизації (ТЗА), котрі потрібні для реалізації поставлених вимог а відповідно і умов роботи об'єкта керування;

- вибір методів вимірювання технологічних параметрів;

- ефективне розташування ТЗА на щитах та пультах, а також технологічному устаткуванні та трубопроводах а відповідно і визначення усіх можливих способів представлення інформації про поточний стан технологічного процесу та задіяного устаткування;

- вибір ефективних приводів ВМ а також регулюючих та запірних органів наявного технологічного устаткування, яке керується автоматично чи дистанційно.

На ФСА відображають:

- технологічну схему котра потребує автоматизації;

- усі прилади, а також засоби автоматичного керування наводяться за допомогою умовних позначень згідно чинних стандартів, а відповідно і лінії зв'язку між ними;

- таблицю певних умовних позначень, які не передбачаються діючими стандартами;

- усі необхідні пояснення до ФСА.

Розроблювана система автоматичного контролю та керування забезпечуватимеме дворівневий контроль а також регулювання параметрів. На нижньому рівні дані процеси забезпечуються за допомогою мікропроцесорного контролера Modicon M340 та терморегулятора МТР-8.

Терморегулятор МТР-8 має гальванічно розподілений інтерфейс RS-485, по протоколу ModBus іде збір інформації та конфігурування індикаторами. Для перетворення інтерфейсів в двохсторонньому напрямку використовується блок перетворення інтерфейсів БПІ-485 (позиція 2-в).

Вимірювання та контроль температури продуктів на вході в АПО-1 і АПО-3, на виході з АПО-2, АПО-4, АПО-5, мазуту на виході з РК-2 та у відпарних колонах ВК-1 і ВК-2 здійснюється в такому порядку: електричний сигнал від давача температури ТСП Pt50 (позиція 2-а, 4-а, 3-а, 5-а, 6-а, 7-а, 9-а, 8-а відповідно) по

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

кабелю поступає на 1-8-ий канал мікропроцесорного терморегулятора МТР-8 (позиція 2-б), який на цифровому табло відображає поточне значення вимірюваної температури.

Вимірювання, контроль та регулювання витрати сировини на вході в РК-1 здійснюється таким чином: електричний сигнал пропорційний швидкості обертання ротора турбінного перетворювача від витратоміра типу PNF (позиція 27-а) поступає на вторинний прилад (що проводить обчислення значень поточної витрати і об'єму рідини за робочих умов та перетворення їх в уніфікований сигнал) типу ВМ 2300 (позиція 27-б), а потім на вхід модуля ВМХ DDM 16022 контролера Modicon М340, який в свою чергу аналізує дану інформацію через процесорний модуль ВМХ Р34 2030 та відображає на моніторі персонального промислового комп'ютера (ППК) поточне значення вимірюваної витрати, завдання, а відповідно і регулюючу дію. Регулююча дія як уніфікований електричний сигнал потрапляє на позиціонер ВМ (поз. 27-в), який встановлений на трубопроводі подачі зневодненої, знесоленої та нагрітої нафти.

Вимірювання, контроль та регулювання витрати продуктів на виході з АПО-4 і АПО-5 відбувається аналогічно.

Температура на виході із Х-1 (для Х-2 і Х-3 аналогічно) регулюється за допомогою зміни подачі кількості води у холодильник, саме тому з метою регулювання даного параметру потрібні відповідні значення температури продукту на виході, котрі ми отримуємо за допомогою використання термометра опору ТСП Pt50 (позиція 10-а), що підключається до контролера Modicon М340, і витрати води (методика вимірювання витрати описана вище). Після отримання фізичних даних про температуру і витрату мікроконтролер формує керуючу дію виконавчому механізму (позиція 10-б) на лінії подачі води в холодильник Х-1.

Вимірювання температури продуктів на виході з П1, Т-1 - Т-4, сировини на вході в колону РК-1 та верху колон РК-1 і РК-2, здійснюється з допомогою давачів ТСП Pt50 (позиція 1-а, 16-а, 17-а, 18-а, 19-а, 20-а, 21-а, 22-а відповідно), які через уніфікований сигнал з'єднуються з мікроконтролером М340, після цього дані

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

параметри відображаються на моніторі ППК.

Вимірювання, контроль та регулювання тиску у РК-1 (для РК-2 аналогічно) здійснюється так: за допомогою інтелектуального давача Eclipse, фірми HoneyWell, (позиція 24-а), який розташований у шафі, значення відповідного тиску перетворюється у деякий уніфікований електричний сигнал 4-20мА, що поступає на мікропроцесорний контролер, який формує сигнал виконавчому механізму (позиція 24-б), що встановлений на лінії подачі пари. Біжуче значення вимірюваного тиску відображається на моніторі ППК.

4.2.2 Розробка креслення загального виду щита

Щит системи автоматизації призначається для розміщення на ньому технічних засобів контролю а також керування, сигнальних пристроїв, контрольно-вимірювальних приладів, апаратури керування і т. д.

Зазвичай щити встановлюються у диспетчерських, операторських, апаратних і призначаються для встановлення у закритих приміщеннях із температурою навколишнього середовища у межах від -30 до +50°C за деякої відносної вологості менше 80% та абсолютної відсутності агресивних газів а також парів та струмопровідного пилу і вібрацій.

У загальному випадку на кресленні загального вигляду щита системи автоматизації мають відображатись:

- вигляд щита спереду;
- перелік складових частин щита;
- фрагменти вигляду з інших сторін (при потребі);
- вигляд внутрішніх площин;
- таблиця написів;
- технічні вимоги щодо щита.

Отже з урахуванням усього вищезазначеного на фронтальній стороні щита розташовано (з низу догори):

- висота 1100 мм - прилад індикації та сигналізації фірми «МІКРОЛ» -МТР8;

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

- висота 1250 мм - захисний екран, який призначений для роботи із ППК;
- висота 1900 мм – табло для сигналізації а також індикації.

У середині щита розташована така електроапаратура:

- контролер Modicon M340;
- персональний промисловий комп'ютер;
- монітор;
- блок безперебійного живлення.

На правій боковій стінці розташовано (з низу догори):

- висота від 250 до 300 мм - плата із змонтованими на ній розетками (2 шт.) а також автоматичним вимикачем;

- висота 1100 мм - клемна коробка, яка призначена для під'єднання вхідних уніфікованих сигналів, які мають тип - ХТ13;

- висота від 1250 до 1500 мм – клемні блочні набори, які мають тип КБЗ-24 - ХТ7-ХТ12.

На лівій боковій стінці розташовано (з низу догори):

- висота від 1100 до 1900 мм - клемно блочні набори, які мають тип КБЗ-24 - ХТ1-ХТ6, а також блок перетворення інтерфейсів БПІ-485;

- висота 250 мм - автоматичні вимикачі SF1-SF-2.

Уся обв'язка електроприладів виконується за допомогою використання проводу, який має полівінілхлоридну ізоляцією КМВ 3х0.75.

Керування технологічним процесом може здійснюватись із промислової клавіатури, змонтованої в панель щита, або із АРМ оператора.

4.2.3 Розробка схеми зовнішніх проводок

В процесі виконання зазначених схем за допомогою використання різноманітних умовних позначень відображають: щити; позащитові прилади а також ЗА; електропроводки та кабелі, котрі прокладені поза щитами; відбірні пристрої а також первинні перетворювачі; з'єднувальні а також протяжні коробки; комутаційні затискачі; запірну арматуру; захисне заземлення.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Шафи із розташованими у них окремими приладами умовно позначаються за допомогою прямокутників та кіл, всередині котрих розташовуються необхідні надписи.

Усі зв'язки, які мають однакове призначення на зазначених схемах підключення відображаються за допомогою суцільної лінії і тільки у місцях приєднання до усіх приладів виконується розрив лінії з метою приведення їхнього маркування. На зазначених лініях вказується номер проводки, переріз провідки, довжину проводки а також марк. Якщо проводка проводиться у трубі, то виникає потреба наведення характеристики труби.

Розроблена схема зовнішніх з'єднань виконана без дотримання масштабу, а усі під'єднання виконані таким чином:

- живлення до перетворювачів та ВМ підведене за допомогою кабелів типу АКВВБ 4x4;

- задіяні термометри опору під'єднані до вторинних приладів, котрі розташовані безпосередньо на щиті, за допомогою використання компенсаційних провідників, які мають тип ПТВП ХК (2 x 1.0);

- розташовані на трубопроводах давачі витрати з'єднуються за допомогою кабеля ПВХ із первинними перетворювачами, котрі змонтовані у шафі. Усі перетворювачі та ВМ за допомогою кабелів типу АКВВБ 2,5x4 з'єднуються із вторинними приладами, що розташовані у коробі електричних проводок;

- за допомогою сталевих безшовних труб Тр.Ст. 14x1,5 з'єднуються місця відбору тиску із первинними перетворювачами.

Висновки до розділу

Розглянуто питання створення проектної документації для системи автоматизації установки АВТ.

Розроблено функціональну схему установки та описано її роботу. Розроблений і спроектований загальний вигляд щита, вибрано щит шафовий. Спроектовано схему зовнішніх проводок.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВКИ

В роботі в першому розділі виконано аналіз атмосферно-вакуумної установки із секцією вторинної перегонки бензину, розкрито суть процесу ректифікації, наведено характеристику сировини та одержаних продуктів, дана технічна характеристика технологічного обладнання. Обґрунтовано необхідність вдосконалення технологічним процесом атмосферно-вакуумної перегонки нафти на основі нової системи автоматизованого керування з впровадженням мікропроцесорного контролера Modicon M340, дане рішення приводить до збільшення продуктивності установки, збільшення якості вихідного продукту.

В другому розділі на основі експериментальних даних визначені передавальні функції по основному та допоміжному каналах.

В третьому розділі досліджено одноконтурну та каскадну систему регулювання. Визначені оптимальні параметри налаштування регуляторів, та досліджено системи на стійкість.

Створення проектної документації для системи автоматизації установки АВТ розглядалося в четвертому розділі. Розроблено функціональну схему, загальний вигляд щита і схему зовнішніх проводок.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ПЕРЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Дранчук, М. М. Проектування систем автоматизації [Текст] : практикум / М. М. Дранчук, Л. І. Фешанич. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. – 138 с.
2. Дипломне проектування [Текст] : метод. вказівки / Г. Н. Семенцов, М. М. Дранчук, М. І. Когутяк [et al.]. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – 40 с.
3. Семенцов, Г. Н. Планування та обробка результатів експерименту [Текст] : навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, М. М. Дранчук. – Івано-Франківськ : Факел, 2010. – 198 с.
4. 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.
5. Когутяк, М. І. Мікропроцесорні технічні засоби автоматизації [Текст] : навч. посіб. Ч. 2 : FBD-програмування PLC / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. – 189 с.
6. Когутяк, М. І. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління [Текст] : практичні заняття / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ Факел, 2015. – 82 с.
7. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 1999. 610 с.
8. Когутяк, М. І. Програмно-технічні комплекси та програмне забезпечення автоматизованих систем управління технологічними процесами [Текст] : лаб. практикум / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда, Л. І. Фешанич. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. – 87 с.
9. Лагойда, А. І. Мікроконтролери та програмовані логічні контролери [Текст] : лаб. практикум / А. І. Лагойда, М. І. Когутяк, Л. І. Лагойда. – Івано-Франківськ : ІФНТУОГ, 2020. – 88 с.
10. Семенцов Г. Н., Горбійчук М. І., Жуган Л. І., Чеховський С. А. Автоматизація процесів переробки нафти і газу. Львів, 1992. 268 с.

					БР.АКПз-25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ДОДАТКИ

Додаток А1

Апроксимація V1.0

Поліном знаменника N
 Поліном чисельника M
 Вхідне збурення X_0

Крок дискретності T
 Кількість дискрет переходної x -ки NK

t, c	y(t)	h(t)	$\delta(t)$
0	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,0000	-0,0150	0,0150
40	0,1900	0,2040	0,0140
60	0,4620	0,4730	0,0110
80	0,6880	0,6780	0,0100
100	0,8180	0,8110	0,0070
120	0,8960	0,8910	0,0050
140	0,9400	0,9380	0,0020
160	0,9650	0,9650	0,0000
180	0,9780	0,9800	0,0020
200	0,9880	0,9880	0,0000
220	0,9930	0,9930	0,0000
240	0,9960	0,9960	0,0000
260	0,9980	0,9980	0,0000

Fi	Ai	Bi	Ui	Vi
72,026...	1,0000	1,0000	-0,0288	0,0000
1861,4...	61,23...	-10,7...	-0,0601	0,0000
25779...	1084...		-0,1017	0,0000
27823...	5689...			

Максимальна похибка $\Delta_{\text{max}}=1,50\%$ в точці $T=20\text{c}$

$$W(p) = \frac{1,000 \cdot (-10,792p^3 + 1,000)}{5689,874p^3 + 1084,077p^2 + 61,233p + 1,000}$$

- y(t) - h(t)

Додаток А2

Апроксимація V1.0.

Поліном знаменника N
 Поліном чисельника M
 Вхідне збурення X_0
Оновити

Крок дискретності T
 Кількість дискрет переходної x-ки НК
Розрахунок

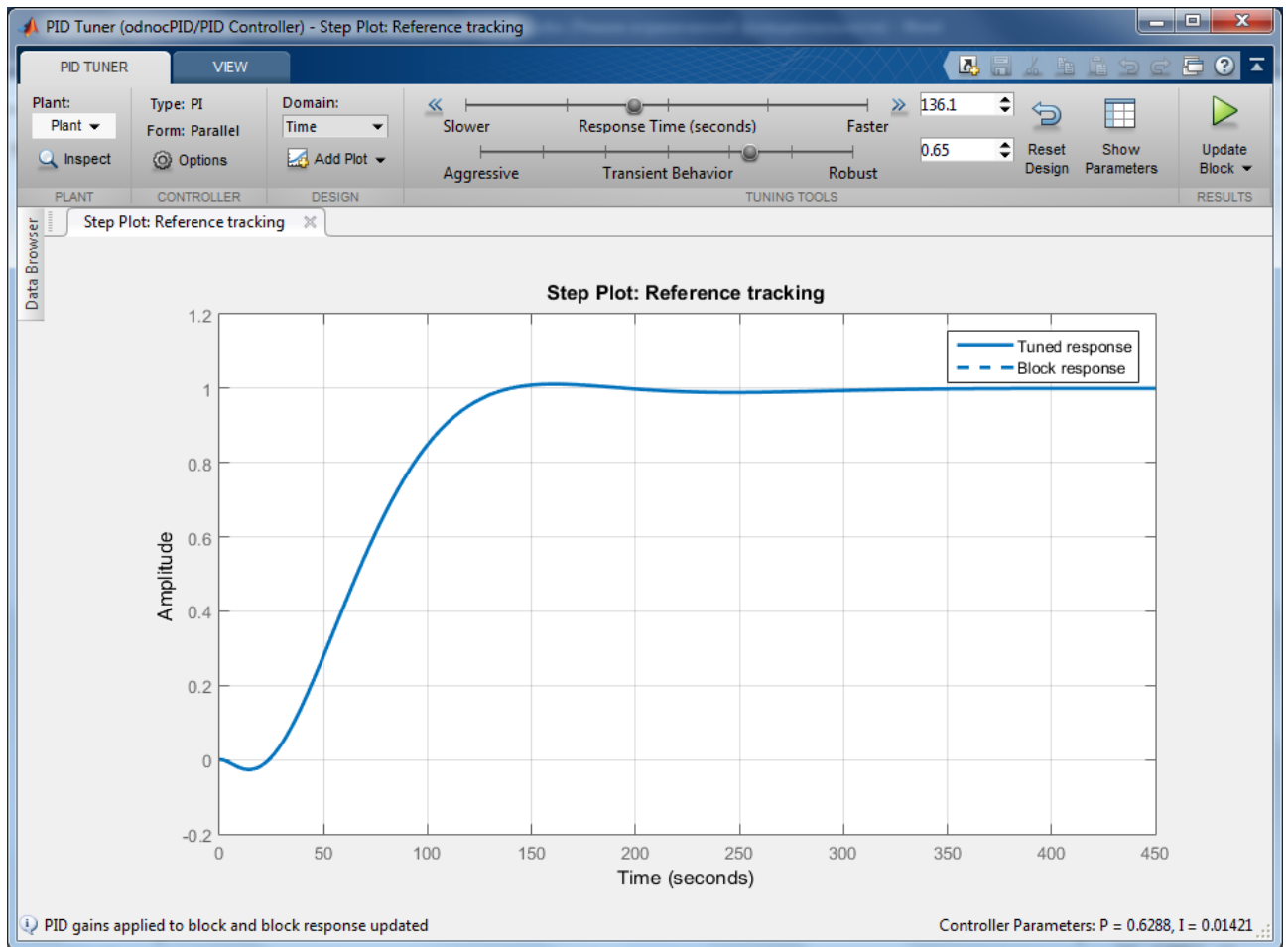
t, c	y(t)	h(t)	$\delta(t)$
0	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,4000	0,3990	0,0010
40	0,6400	0,6390	0,0010
60	0,7800	0,7830	0,0030
80	0,8700	0,8700	0,0000
100	0,9200	0,9220	0,0020
120	0,9500	0,9530	0,0030
140	0,9700	0,9710	0,0010
160	0,9770	0,9830	0,0060
180	0,9940	0,9890	0,0050
200	0,9960	0,9930	0,0030
220	1,0000	0,9960	0,0040
240	1,0000	0,9970	0,0030
260	1,0000	0,9980	0,0020

Fi	Ai	Bi	Ui	Vi
39,186...	1,0000	1,0000	-0,0255	0,0000
	39,18...			

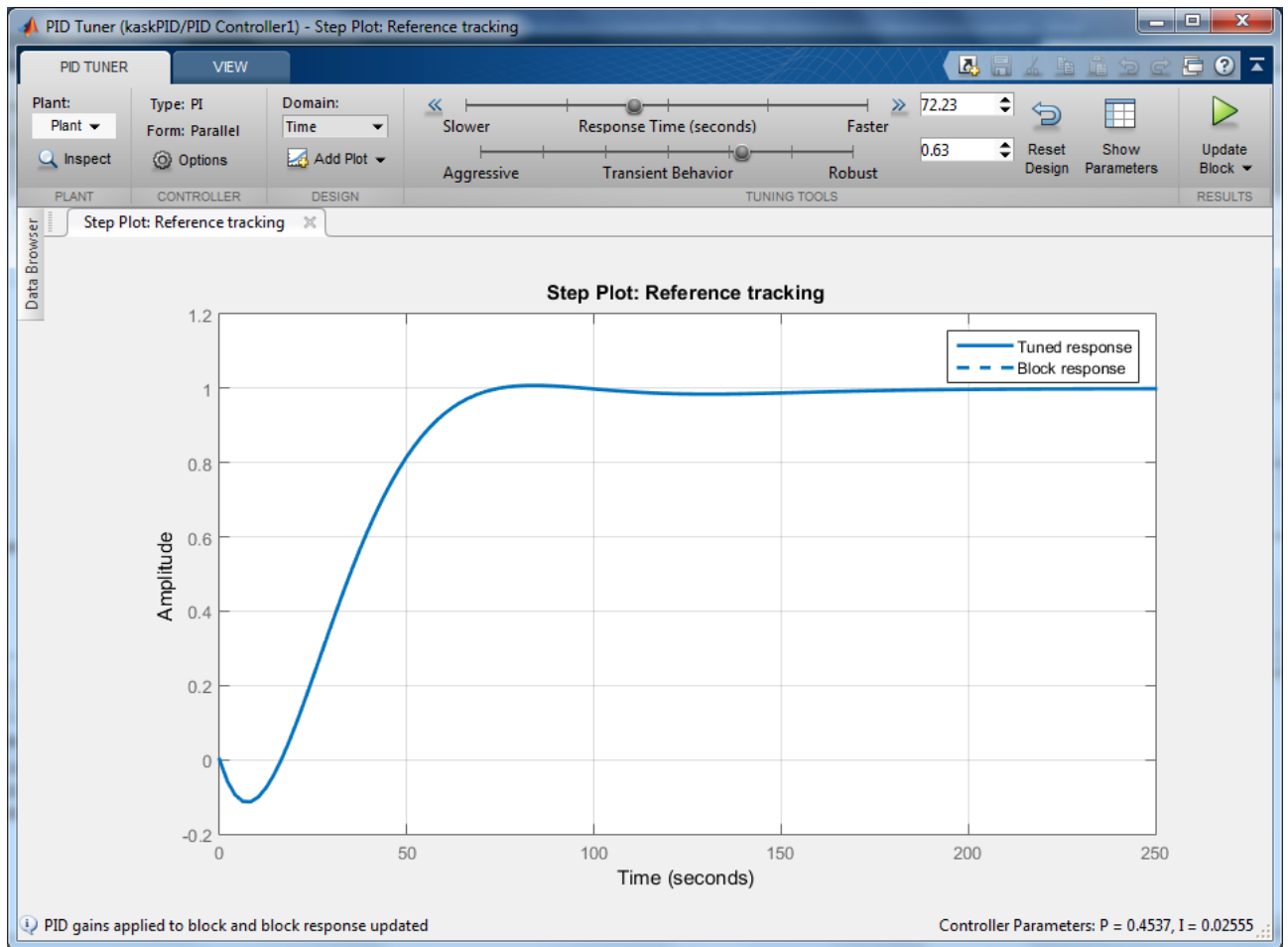
Максимальна похибка $\Delta_{\text{Max}}=0,60\%$ в точці T=160c

$W(p) = \frac{1}{39,186p^1 + 1,000}$

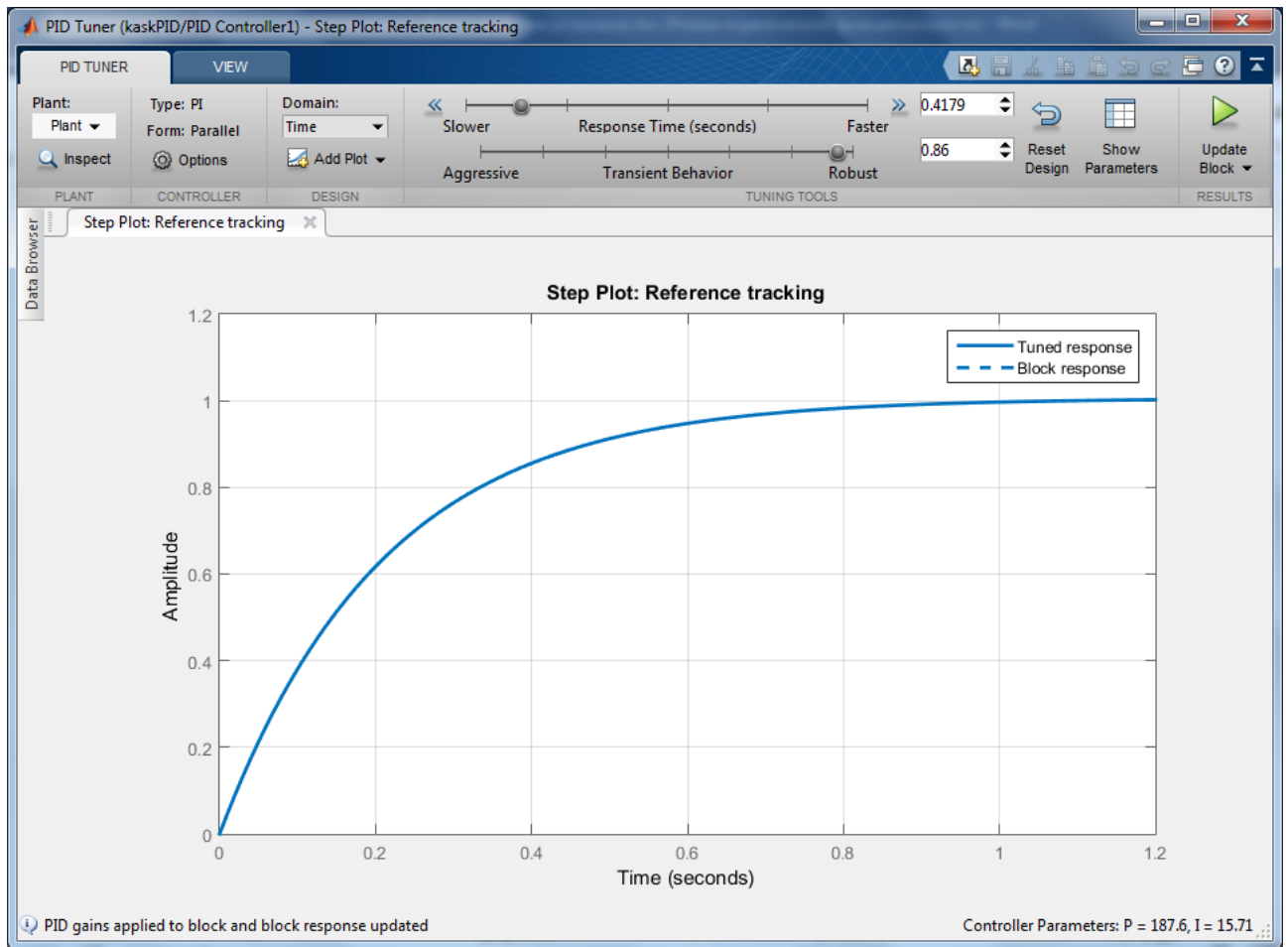
Додаток Б1



Додаток Б2



Додаток Б3

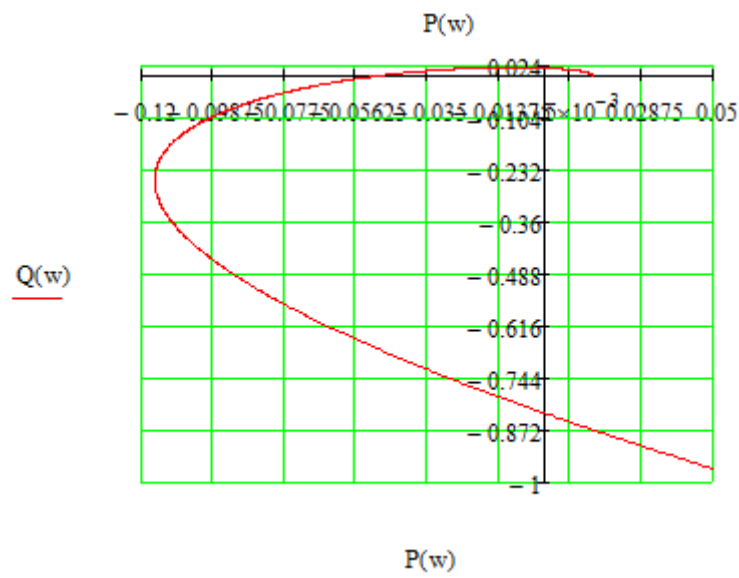
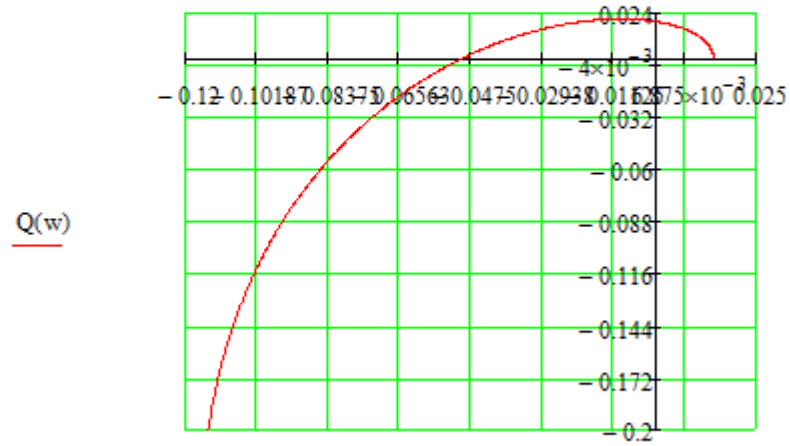


Додаток В1

$$P(w) := 5689.874w^4 - 54.447 \cdot w^2 + 0.01421$$

$$Q(w) := -1084.077 \cdot w^3 + 1.475 \cdot w$$

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



Додаток В2

$$P(w) := -222963.4 \cdot w^6 + 260249.9 \cdot w^4 - 1404.42 \cdot w^2 + 0.4013905$$

$$Q(w) := 1115590.9w^5 - 25994.06 \cdot w^3 + 39.03 \cdot w$$

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

