

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ

Група АКП-21-1

Іван Терновий

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

Терновий Іван Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.5: 665.753

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка системи автоматизації установки гідроочистки гасу

(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

(посада)

(підпис)

(дата)

О.В. Кучмистенко

(ініціали та прізвище)

Рецензент

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.Я. Чигур

(ініціали та прізвище)

Здобувач освітнього ступеня

АКП-23-2К

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

І.І. Терновий

(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**

Терновий Іван Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації установки гідроочистки гасу

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 гідроочистки керосину як об'єкта автоматичного контролю і керування. 2 Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування. 3 Синтез структури системи автоматичного керування. 4 Розробка технічної документації на САК. Висновки. Перелік посилань на джерела

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

Лист 1 - Функціональна схема автоматизації - БР.АКП-21.00.00.001;

Лист 2 - Експериментальне дослідження - БР.АКП-21.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз і синтез одноконтурної САК - БР.АКП-21.00.00.003;

Лист 4 - Аналіз і синтез каскадної САК - БР.АКП-21.00.00.004;

Лист 5 - Структурна схема - БР.АКП-21.00.00.005;

Лист 6 - Принципова електрична схема управління - БР.АКП-21.00.00.006;

Лист 7 - Загальний вигляд щита - БР.АКП-21.00.00.007;

Лист 8 - Схема зовнішніх підключень - БР.АКП-21.00.00.008.

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 гідроочистки керосину як об'єкта автоматичного контролю і керування	10.06.2025	
2	Математичне моделювання і ідентифікація об'єкта керування	11.06.2025	
3	Синтез структури системи автоматичного керування	12.06.2025	
4	Розробка технічної документації на САК	13.06.2025	

Студент _____
(підпис)

І.І. Терновий
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

А.І. Лагойда
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить: 69 сторінок друкованого тексту, 12 рисунків, 16 таблиць, 13 переліків посилань на джерела та 3 додатки.

Тема: розроблення системи автоматизації установки гідроочистки гасу.

Об'єкт дослідження: технологічний процес установки гідроочистки керосину.

Мета проекту: удосконалення автоматичної системи керування.

Методи дослідження: експериментальне дослідження об'єкта керування та аналіз перехідних характеристик.

Результати дипломного проектування: у дипломі проведений аналіз технологічного процесу гідроочистки керосину, з точки зору автоматичного контролю та керування, здійснено аналіз існуючих технологій керування об'єктом.

На базі проведеного активного експерименту знайдено передавальну функцію об'єкта керування по каналу «% відкриття регулюючого органу - температура сировини на виході» та «% відкриття регулюючого органу - витрата газу». Проведено вибір регуляторів, та здійснено розрахунок їхніх оптимальних параметрів налаштування. Проведено моделювання одноконтурної та каскадної систем автоматичного керування та визначено їх якісні показники.

Розроблено технічну документацію для установки гідроочистки керосину.

Ключові слова: гідроочистка, система, параметр, налаштування регулятора, контролер.

ABSTRACT

The bachelor's thesis contains: 69 pages of printed text, 12 figures, 16 tables, 13 lists of references to sources and 3 appendices.

Subject: development of automation system for kerosene hydrotreating installation.

Object of research: technological process of kerosene hydrotreating installation.

Purpose: improvement of the automatic control system.

Research methods: experimental study of the control object and analysis of transient characteristics.

Results of degree design: in the diploma the analysis of the technological process of kerosene hydrotreating was conducted, from the point of view of automatic control and control, the analysis of the existing object management technology was carried out.

On the basis of the conducted active experiment, the transfer function of the control object was found on the channel "% of the opening of the regulatory body - the temperature of the raw material at the outlet" and "% of the opening of the regulatory body - the flow of gas." The choice of regulators has been made, and their optimal adjustment parameters have been calculated. The simulation of one-circuit and cascade automatic control systems was carried out and their qualitative indices were determined.

A technical documentation for the installation of kerosene hydrotreating has been developed.

Keywords: water purification, system, parameter, regulator setting, controller.

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	8
	ВСТУП.....	9
1	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГІДРООЧИСТКИ КЕРОСИНУ ЯК ОБ’ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....	10
	1.1 Призначення установки та суть процесу гідроочистки керосину..	10
	1.2 Характеристика сировини, реагентів і отриманої продукції.....	10
	1.3 Аналіз технологічної схеми установки гідроочистки керосину.....	11
	1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування.....	14
	1.5 Вибір та обґрунтування параметрів контролю та регулювання.....	18
	1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу....	19
	Висновки до розділу.....	20
2	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ’ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	21
	2.1 Вибір керованого об’єкта.....	21
	2.2 Основні показники якості і критерії оптимальності системи автоматизації.....	21
	2.3 Експериментальне дослідження динаміки керованого об’єкта.....	22
	2.3.1 Підготовка і планування експерименту, виявлення вхідних і вихідних змінних.....	22
	2.3.2 Обробка результатів експерименту.....	23
	Висновки до розділу.....	30
3	СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....	31

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації установки гідроочистки гасу	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Терновий І.І.						
Перевір.		Лагойда А.І.					6	69
Реценз.		Чигур Л.Я.				АКП-21-1 ІФНТУНГ		
Н. Контр.		Кучмистенко О.В.						
Затверд.		Лагойда А.І.						

3.1	Розробка одноконтурної САК.....	31
3.2	Розробка каскадної САК.....	32
3.3	Дослідження стійкості одноконтурної САК.....	34
3.4	Дослідження стійкості каскадної САК.....	35
3.5	Оцінка якісних показників систем автоматичного керування за перехідними характеристиками.....	36
	Висновки до розділу.....	38
4	РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК.....	39
4.1	Розробка структурної схеми ієрархічної системи керування.....	39
4.2	Розробка функціональної схеми автоматизації установки гідроочистки керосину.....	40
4.2.1	Вибір технічних засобів для автоматизації процесу гідроочистки керосину.....	42
4.2.2	Опис роботи автоматичної системи керування.....	52
4.3	Розробка принципової електричної схеми управління.....	53
4.4	Розробка креслення загального виду щита.....	55
4.5	Проектування схеми зовнішніх з'єднань та схеми під'єднань.....	56
	Висновки до розділу.....	58
	ВИСНОВКИ.....	59
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	60
	ДОДАТКИ	

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

FBD - Function Block Diagram.

АКМ - алюмокобальтмолібден.

АНМ - алюмонікельмолібден.

ГДК - гранично допустима концентрація.

САК - система автоматичного керування.

РО - регулюючий орган.

ФСА - функціональні схеми автоматизації.

КВПіА - контрольно вимірні прилади і автоматизація.

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

КО - керований об'єкт.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

З метою деякого організованого освоєння виявлених нових нафтових родовищ у загальній системі нафтової промисловості розроблені певні уніфіковані технологічні схеми для збору, транспорту а також підготовки нафти, газу та води. Такі схеми являються універсальними та відповідно забезпечують обладнання будь-яких родовищ, з урахуванням їхніх енергетичних можливостей, а також фізико-хімічних властивості продукції свердловини, кліматичних а також інших специфічних умов.

Певний конкретний вибір якогось варіанту технологічної схеми обґрунтовується наявними техніко-економічними розрахунками за умови досягнення певної якості готової продукції а також необхідного захисту навколишнього середовища.

Суть роботи заключається в систематизації, закріпленні та розширенні знань, а також розвитку певних навиків стосовно розробки проектів автоматизації технологічних процесів, котрі забезпечуватимуть необхідні високі техніко-економічні показники. В процесі проектування використано передові результати у науці та техніці.

Дана робота спроектована для установки кінцевої підготовки нафти.

Головним призначенням для пункту кінцевої підготовки нафти являється відділення від нафти, яка поступає води, газу а також солей та приведення нафти до певного стану, який придатний для переробки сировини.

На теперішній час являється достатньо актуальною розробка ефективної системи автоматичного керування даним технологічним процесом з використанням сучасних тобто новітніх технологій представлення інформації про технологічний процес оператору.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГІДРООЧИСТКИ КЕРОСИНУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

1.1 Призначення установки та суть процесу гідроочистки керосину

Гідроочистка - одноступінчатий процес, який проходить в найбільш м'яких, у порівнянні з гідрокрекінгом та деструктивною гідрогенізацією, умовах. Процес гідроочистки протікає при температурі 350-430°C, циркуляції водневмісного газу 100-600 м³/год, тиску 3,0 - 6,0 МПа, об'ємної швидкості - 3-10 год⁻¹ а також застосуванні каталізатора (найчастіше алюмокобальтмолібденовий чи алюмонікельмолібденовий).

Гідроочистці як правило може піддаватися різна сировина, яка отримується як при первинній перегонці нафти, так само і при термokatалітичних процесах, від газу до масел і парафіну. Найбільше застосування гідроочистка має для знесірчення сировини каталітичного риформінгу, а також для отримання реактивного та малосірчастого дизельного палива з високосірчистих і сірчистих нафт. Під час гідроочистки відбувається часткова деструкція здебільшого сіркоорганічних та частково кисне- і азотовмісних з'єднань.

Продукти розкладання насичуються воднем з утворенням сірководня, води, аміаку та граничних чи ароматичних вуглеводнів.

Гетероатоми видаляються у результаті розриву зв'язків C-S, C-N і C-O і насичення осколків, які утворилися воднем. При цьому азот, сірка і кисень виділяються відповідно в вигляді H₂S, NH₃ та H₂O. Водень приєднують алкени по подвійному зв'язку. Частково гідруються поліциклічні ароматичні вуглеводні.

1.2 Характеристика сировини, реагентів і отриманої продукції

Сировиною для установки гідроочищення керосину служать такі фракції:

- 140 - 230°C - за умови роботи установки на отримання реактивного палива;

- 180 - 230°C - за умови роботи установки на отримання освітлювального керосину.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш поширеним гідрогенізаційним процесом являється гідроочистка або гідрознесірчення різних нафтових фракцій (від вуглеводневих газів і легких бензинових до залишкових фракцій). Каталізатори гідроочистки широко розповсюджені зазвичай у вигляді алюмокобальтмолібденових (АКМ) і алюмонікельмолібденових (АНМ). Як носій (матриці) найчастіше використовується активний оксид алюмінію. Зазвичай для різних видів сировин вибирається оптимальна кількість оксидів молібдену, нікелю і кобальту, а також вид та кількість промотуючої добавки, а також інші способи активації та модифікації. Оксиди молібдену, нікелю і кобальту, зазвичай, сульфідують (переводять в сульфідну форму).

Дані про процес гідроочистки керосину приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Дані про процес гідроочистки керосину

Сировина	Вміст сірки в сировині, % (мас)	Вихід % (мас)			Витрата H_2 на реакції
		Очищений керосин	Вуглеводневих газів ($C_1 - C_4$)	Відгону	
Дистиляти гасові:					
- прямогінні	0,90 - 2,60	96 - 98	0,50 - 2	1 - 1,50	0,30 - 1
- второгонні	1,30 - 2,80	95 - 97	0,50 - 2,5	1,5- 2,5	0,50-1,5

Найбільший інтерес на даний час представляють каталізатори фірм Haldor Topsoe (ТК - 908, ТК - 907, ТК - 554,), Criterion Catalyst (С - 448), AKZO Nobel (KF-752).

1.3 Аналіз технологічної схеми установки гідроочистки керосину

Установка, технологічна схема якої представлена на рисунку 1.1, призначена для пониження вмісту сірки в сировині - керосині - з 0,166 до менше 0,001 % (мас).

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

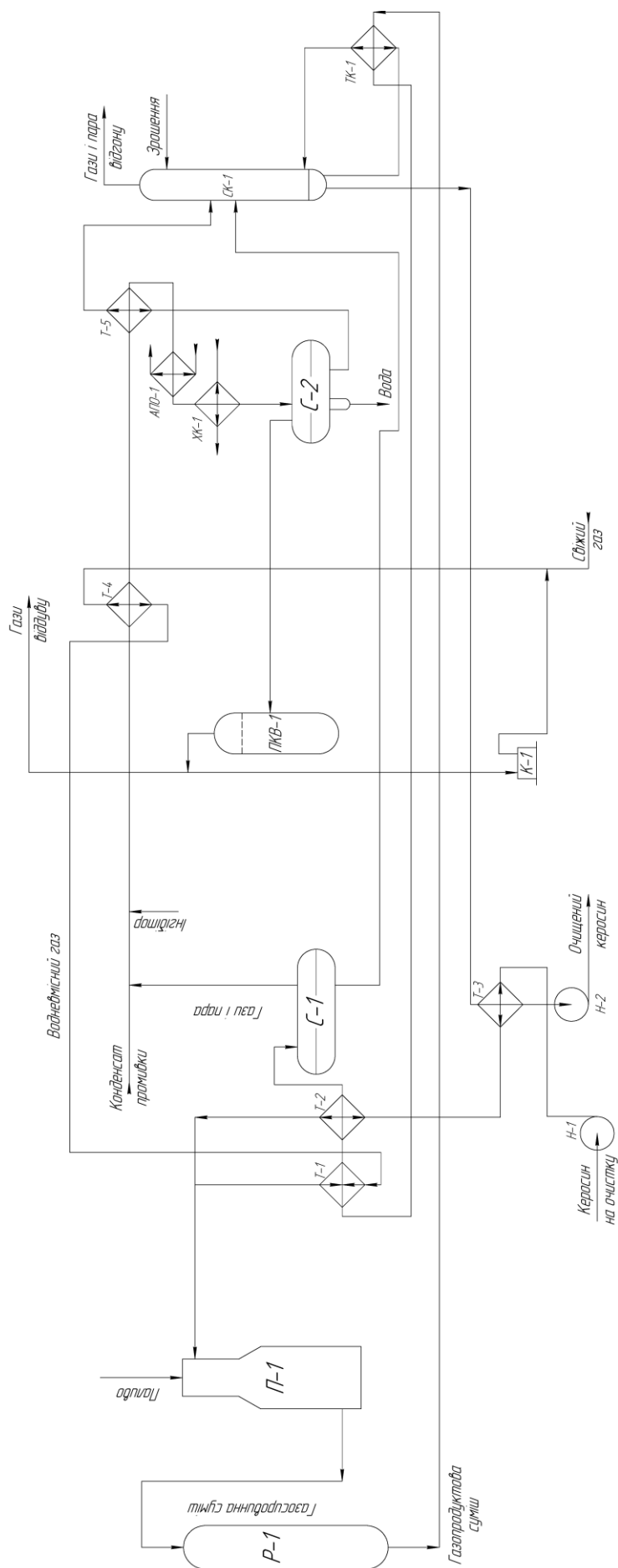
Пропускна спроможність установки по сировині 3975 м³/добу; об'єм каталізатора в реакторі Р-1 156 м³, а внутрішній діаметр реактора Р-1 - 3,81 м.

Сировина (керосин на очистку) насосом Н-1 транспортуються через теплообмінники Т-3 і Т-2 у лінію змішування неочищеного керосину із заздалегідь нагрітим в теплообмінниках Т-1 і Т-4 водневмісним газом. В результаті змішування отримана таким чином газосировинна суміш проходить через змішувачі печі П-1 і за тиску 4,2 - 4,4 МПа, а також температури близької до 380°C поступає у реактор Р-1 у якому шар каталізатора є нерухомим. Суміш, яка виходить знизу реактора, охолоджується послідовно в кип'ятильнику ТК-1 а також теплообмінниках Т-1 й Т-2 і подається в сепаратора С-1. Тут, у високотемпературному (гарячому) сепараторові С-1, суміш розділяється за тиску близькому до 3,8 МПа на рідку та газопарову фази. Рідка фаза, є тим самим гідроочищеним керосином з розчиненими у ній газами та фракціями бензину (відгін). Після сепаратора С-1 газосировинна суміш потрапляє на фізичну стабілізацію у колону СК-1.

Наявна суміш пари та газу після виходу із сепаратора С-1 (за високого тиску) послідовно охолоджується у послідовно сполучених теплообмінниках Т-4 і Т-5. Перед теплообмінником Т-4 у цю суміш здійснюють уприскування конденсаційної води і розчину інгібітора корозії. Можна відзначити, що ділянка від теплообмінника Т-4 до конденсатора-холодильника ХК-1 найбільш схильна до корозії кислим сульфідом амонія. Зазвичай, щоб на даній ділянці за температури потоку, котрий охолоджується, до температури нижче 177°C швидкість руху отриманої суміші не перевищуючи 9 м/с, що поступає з водяного конденсатора-холодильника ХК-1 трифазна суміш розділяється за тиску 3,7 МПа та температури близької до 43°C в низькотемпературному (холодному) сепараторові С-2. Відстояний від води вуглеводневий конденсат котрий в основному складається з бензинових і легких керосинових фракцій, після сепаратора С-2 проходить нагрівання у теплообміннику Т-5 та надходить в стабілізаційну колону СК-1.

Водневмісний газ, який іде із сепаратора С-2, пройшовши послідовно приймач ПКВ-1 із краплевідбійником, проходить стиснення компресором К-1 приблизно до тиску 4,9 МПа, а потім об'єднується зі свіжим газом - тобто технічним воднем. Суміш газів після нагріву в послідовних теплообмінниках Т-4 і Т-1 приєднується до нагрітої сировини.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Р-1 - реактор; К-1 - компресор; П-1 - трубчатая піч; Т-1, 2, 3, 4, 5 - теплообмінники; Н-1, 2 насоси; С-1, 2 - сепаратори;
 ПКВ-1 - приймач з калевідділювачем; ХК-1 - холодильник-конденсатор; АПО-1 - апарат повітряного охолодження;
 СК-1 - стабілізаційна колона; ТК-1 - кип'ятильник

Рисунок 1.1 - Технологічна схема установки гідроочистки керосину

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

З стабілізаційної колони СК-1 згори виходять пари відгону та газу, а знизу - очищений керосин, режимні параметри роботи колони витримуються такими, щоб цільовий продукт був з потрібною температурою спалаху.

Температура низу колони СК-1 становить 267°C, а тиск 0,44 МПа. Перед входом в теплообмінник Т-4 у потік газопарової суміші, яка має досить високу температуру, уприскується вода та розчин інгібітора. Температура суміші при цьому знижується до 205°C. Потім суміш поступає у теплообмінник Т-4. В сепараторі С-2 газопродуктова суміш розділяється при дещо вищій температурі.

1.4 Технічна характеристика технологічного устаткування

На розглядуваній установці застосовується таке технологічне обладнання:

- одна трубчата піч (П-1), котра призначена для підігріву суміші сировини і також рециркулюючого і свіжого газу.

Таблиця 1.2 - Технічна характеристика трубчатої печі

Параметр	Значення
Поверхня нагріву радіальних труб, м ²	15...2000
Теплопродуктивність, МВт	0,12...240
Продуктивність, кг/год	8·10 ⁵
Температура на вході та виході, °С	70...900
Тиск на вході та виході, МПа	0,1...30
ККД	0,65...0,85

- теплообмінники Т-1 - Т-3:

- теплообмінник Т-1 призначений для підігріву наявної суміші сировини а також рециркулюючого та свіжого газу а також одночасного охолодження газопродуктової суміші, котра виходить із кип'ятильника ТК-1;

- теплообмінник Т-2 призначений для підігріву керосину, котрий пройшов теплообмінник Т-3 а також для одночасного охолодження газопродуктової суміші, котра вийшла із теплообмінника Т-1;

- теплообмінник Т-3 призначений для підігріву керосину, що поступає на

установку та одночасно охолодження очищеного керосину;

- теплообмінник Т-4 призначений для підігріву наявної суміші сировини а також рециркулюючого й свіжого газу а також одночасного охолодження такої трифазної суміші як: газу і пара; конденсаційна вода; інгібітор;

- теплообмінник Т-5 призначений для підігріву вуглеводневого конденсату а також одночасного охолодження такої трифазної суміші як: газу і пара; конденсаційна вода; інгібітор.

Таблиця 1.3 - Технічна характеристика теплообмінників

Технічна характеристика	
Діаметр кожуха, мм	325...1400
Тиск, МПа	
- в кожусі	1,6...6,4
- в трубах	1,6...6,4
Температура, °С	
- в трубах	-20...+350
- в кожусі	-20...+350

- сепаратори С-1 та С-2:

- сепаратор високого тиску С-1 призначений для відділяються газів від рідкого гідроочищеного керосину;

- низькотемпературний сепаратор С-2 призначений для відділення газів, які розчинені у гідроочищеному керосині.

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики сепараторів

Технічні характеристики	
Продуктивність, м ³ /год	
- за газом	20700 ... 440000
- за рідким середовищем	20 ... 2250
Тиск, МПа	0,6 ... 16
Діаметр, мм	1000 ... 3400
Маса, кг	2640 ...100000

- колона стабілізації СК-1 призначена для виділення легких компонентів з керосину.

Таблиця 1.5 - Технічна характеристика колони стабілізації

Технічна характеристика	
Діаметр, мм	1200
Температура низу, °С	267
Тиск, МПа	0,44

- кип'ятильник ТК-1 - обслуговує процес стабілізації керосину.

Таблиця 1.6 - Технічна характеристика кип'ятильника

Технічна характеристика	
Діаметр кожуха, мм	600...1400
Тиск, МПа	
- в кожусі	0,6...2,5
- в трубах	0,6
Температура, °С	
- в кожусі	0...350
- в трубах	0...350

- реактор Р-1 - вертикальний, сировина подається зверху.

Таблиця 1.7 - Технічні характеристики реактора

Технічні характеристики	
Пропускна спроможність, м ³ /добу	3975
Об'єм каталізатора, м ³	156
Температура, °С	
- в кінці пробігу	383
- на початку пробігу	374
Внутрішній діаметр, м	3,81
Тиск, МПа	
- на початку пробігу	4,22
- в кінці пробігу	4,36

- холодильник-конденсатор ХК-1 та апарат повітряного охолодження АПО-1 призначені для охолодження такої наявної трифазної суміші як: гази та пара; конденсаційна вода; інгібітор.

Таблиця 1.8 - Технічні характеристики холодильника-конденсатора

Технічні характеристики	
Тиск, МПа	
- в кожусі	1,6...6,4
- в трубах	0,1...10
Діаметр кожуха, мм	159...1200
Температура, °С	
- в трубах	400
- в кожусі	400

- насоси Н-1 та Н-2.

Таблиця 1.9 - Технічні характеристики насосів

Технічні характеристики	
Число ступенів	8
Подача, м ³ /год	160...180
Тип	КВН-55-180
Частота, об/хв	2950...3000
Потужність, кВт	410...540
Маса, кг	9800
Діаметр патрубків, мм	
- всмоктуючого	200
- нагнітального	150

- компресор К-1 призначений для стиснення циркулюючого газу перед процесом змішуванням із свіжим газом.

Таблиця 1.10 - Технічна характеристика компресора

Технічна характеристика	
Продуктивність, м ³ /год	50...600
Тиск нагнітання, МПа	0,4...45
Потужність двигуна, кВт	14...125
Габарити, м	
- довжина	2,5...4,8
- ширина	1,8...4
- висота	1,8...5,1
Маса, т	2...14,3

- прийомник ПКВ-1 з каплевідбійником.

1.5 Вибір та обґрунтування параметрів контролю та регулювання

Згідно технологічного регламенту для нормального проходження процесу гідроочистки необхідно контролювати і регулювати параметри наведені в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 - Характеристика параметрів контролю та регулювання

Параметри	Номінальні значення	Діапазони зміни
Температура перед реактором	375°C	370...380°C
Витрата водневмісного газу перед процесом змішуванням	60 м ³ /год	55...65 м ³ /год
Рівень в сепараторі С-2	2 м	1,8...2,2 м
Тиск перед реактором	4,22 МПа	4,18...4,26 МПа
Температура на вході із сепаратора С-2	43°C	40...46°C
Рівень в сепараторі С-1	1,8 м	1,6...2,0 м
Тиск після сепаратора С-2	3,73 МПа	3,70...3,76 МПа
Рівень води в сепараторі С-2	0,5 м	0,45...0,55 м

Параметр	Номінальне значення	Діапазон зміни
Тиск газів віддуву	3,5 МПа	3,3...3,7 МПа
Температура низу колони	267°C	264...270°C
Тиск після сепаратора С-1	3,83 МПа	3,80...3,86 МПа
Рівень в колоні	5 м	4,6...5,4 м
Тиск отриманої суміші свіжого та циркулюючого газу	4,9 МПа	4,6...5,2 МПа
Витрата сировини	180 м ³ /год	175...185 м ³ /год
Якість (відсотковий вміст сірки):		
продукту	0,001 %(мас.)	
сировини	0,166 %(мас.)	

1.6 Вибір сучасного методу автоматизації технологічного процесу

Систему автоматичного управління технологічним процесом гідроочистки керосину, а також збором даних у такій системі розробляємо з урахуванням таких вимог:

- забезпечення надійної та продуктивної роботи підприємства а також виконання необхідних функцій управління котрі безпосередньо пов'язані із процесом регулювання технологічних змінних та захистом технологічного процесу та безпосередньо обладнання;

- забезпечення взаємодії у реальному масштабі часу задіяного оператора та обслуговуючого персоналу із діючим технологічним процесом а також наявним автоматизованим технологічним обладнанням що використовується у технологічному процесі гідроочистки керосину, а також забезпечувати видачу потрібної інформації за необхідний час до моменту початку спостереження, а також деякої інформації, котра потрібна для обліку а також керівництва роботою підприємства.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу

У розділі представлений аналіз технологічного процесу гідроочистки керосину, як об'єкту автоматизації. Подано суть та призначення процесу та здійснено детальний опис роботи установки. Також вибрані параметри контролю та регулювання, та подані характеристики існуючого технологічного обладнання.

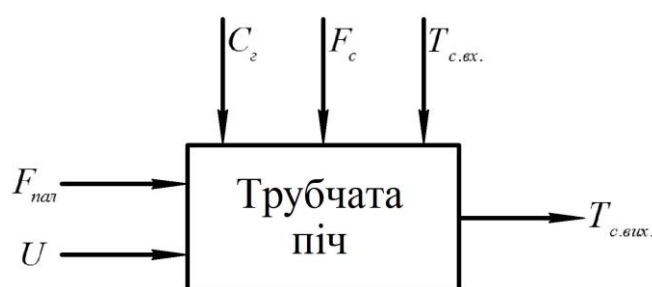
Розроблено рекомендації для системи управління технологічним процесом і зборам даних.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1 Вибір керованого об'єкта

Структурно-параметрична схема установки гідроочистки керосину включає у свій склад піч підігріву для реакційної суміші а також реакторний блок. Як результат виконаного попереднього аналізу реакторного блоку а також здійснених досліджень трубчатої печі розроблено параметричну схему об'єкта керування котра зображена на рисунку 2.1.



U - керуючий вплив; $F_{нал}$ - витрата палива; $T_{с.вх.}$ - значення температури сировини на вході; F_c - витрата сировини; $T_{с.вих.}$ - температура сировини на виході; C_2 - якість газового палива

Рисунок 2.1 - Структура об'єкта керування

У даному випадку керуючими параметрами являються подача палива $F_{нал}$, чи певне співвідношення подачі палива і повітря у топку печі. У даній схемі головним регульованим параметром являється температура вхідної сировини на виході $T_{с.вих.}$ із печі або на вході в реактор Р-1. Також на досліджувану трубчатую піч діє ціла низка збурюючих чинників таких, як: температура сировини на вході $T_{с.вх.}$, витрата сировини F_c , а також якість газового палива C_2 тощо.

2.2 Основні показники якості і критерії оптимальності системи автоматизації

Метою розроблюваної системи автоматичного керування являється підтримання необхідної температури на виході із печі П-1 яка забезпечуватиме

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

нормальне протікання технологічного процесу підтримання певного допустимого вмісту сірки та деяких сполук в ВВГ.

Виберемо такі показники якості системи автоматичного регулювання для оптимізації процесу підтримання температури у заданих межах: похибка апроксимації $\leq 2,5\%$; - відхилення від заданого значення $\leq 5\%$; запас стійкості за амплітудою від 0,5 до 0,6; запас стійкості за фазою від 30° до 60° ; перерегулювання $\leq 20\%$; степінь затухання коливань від 0,75 до 0,95%.

2.3 Експериментальне дослідження динаміки керованого об'єкта

З урахуванням того, що математичний опис динаміки печі П-1 являється достатньо складним та вимагає солідних затрат у часі тому доцільним є визначення динамічних властивостей об'єкта керування за допомогою експериментального методу, який відбуватиметься за допомогою проведення активного експерименту.

Динамічні характеристики трубчатої печі визначатимемо за допомогою використання даних активного експерименту. Застосовуватимемо для цього метод аперіодичних вхідних впливів, у вигляді стрибка. Вибраний метод ґрунтується на припущенні про лінійність об'єкта при досить малих змінах вхідної змінної. У такому випадку динамічні властивості об'єкта не змінюються на деякому проміжку часу, а отже відповідно вихідна змінна жодним чином не залежить від поточних просторових координат об'єкта керування. З метою застосування даного методу потрібно щоб наявні випадкові, які виникають в процесі його експлуатації являлися стаціонарними а також ергодичними випадковими процесами.

Вибір такого методу включає в себе етапи описані в пунктах 2.3.1 та 2.3.2.

2.3.1 Підготовка і планування експерименту, виявлення вхідних і вихідних змінних

Етап підготовки а також планування експерименту для вивчення необхідних динамічних характеристик розпочинається із ґрунтового вивчення об'єктів дослідження.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В конкретній ситуації вхідним параметром являтиметься відсоток відкриття певного регулюючого органу (РО), а ось відповідно вихідним параметром являтиметься деякий сигнал який надходитиме від вторинного приладу, котрий потім потрапляє на вхід регулятора.

Під час дослідження замкненої системи автоматичного регулювання визначатимемо вхідний вплив шляхом перемиканням задавача, та виконуючи при цьому фіксацію зміни вихідної величини тобто фіксація сигналу від вимірювального перетворювача.

В процесі проведення експерименту який проходить із аперіодичними впливами важливою являється відсутність яких небудь збурюючих впливів, які мають інше походження. З урахуванням цього в процесі вивчення об'єкта дослідження потрібно вивчити а також при можливості усунути будь як можливі джерела збурень.

В процесі планування експерименту спочатку потрібно вибрати вид досліджуваного впливу, а також амплітуду та певне початкове значення визначеної вихідної змінної. У кваліфікаційній роботі аперіодичному впливові відповідатиме стрибок значення подачі теплоносія.

Процес експериментального дослідження починаємо із встановлення на об'єкті який досліджується певного режиму, що характеризується певною постійністю шуканої вихідної змінної. На наступному етапі наноситимемо збурення, методом відкривання РО на приблизно 10-15% та виконуючи реєстрацію зміни вихідної величини. Записуватимемо одночасно і зміну певних основних збурюючих впливів. За значенням вихідної змінної визначаємо закінчення перехідного процесу. У випадку коли вихідна величина з певного моменту часу залишається майже незмінною вважатимемо, що процес дослідження закінчений.

2.3.2 Обробка результатів експерименту

У таблицях 2.1 та 2.2 приведено результати експерименту за основним каналом регулювання (положення РО, % - температура на виході печі, °C), а також

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

допоміжним каналом регулювання (положення РО, % - витрата газу, м³/год).

Таблиця 2.1 – Фінальні результати експерименту за основним каналом регулювання (положення РО, % - температура на виході печі, °С)

t, c	%, ВХ	$T_{c.вих}, ^\circ C$
0	15	370
30	15	370
60	15	371,9
90	15	374,5
120	15	376,6
150	15	378,2
180	15	378,9
210	15	379,4
240	15	379,6
270	15	379,8
300	15	379,9
330	15	379,9
360	15	379,9
390	15	380
420	15	380
450	15	380

Таблиця 2.2 - Фінальні результати експерименту за допоміжним каналом регулювання (положення РО, % - витрата газу, м³/год)

t, c	%, ВХ	$F_{нал}, м^3/ГОД$
0	15	55
30	15	58,8
60	15	61,2
90	15	62,7
120	15	63,8

t, c	%, ВХ	$F_{нал}, M^3/ГОД$
150	15	64,3
180	15	64,6
210	15	64,7
240	15	64,8
270	15	64,9
300	15	64,9
330	15	64,9
360	15	65
390	15	65
420	15	65
450	15	65

Згідно таблиці 2.1 та 2.2 виконаємо побудови експериментальних перехідних характеристик за основним а також допоміжним каналами автоматичного регулювання (рисунок 2.2, 2.3).

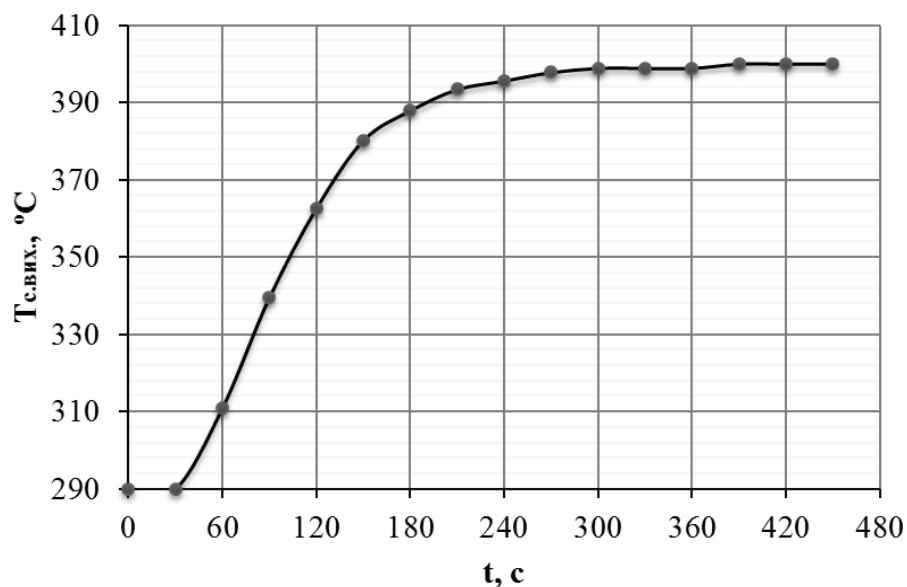


Рисунок 2.2 - Експериментальна перехідна характеристика за основним каналом регулювання (положення РО, % - температура на виході печі, °C)

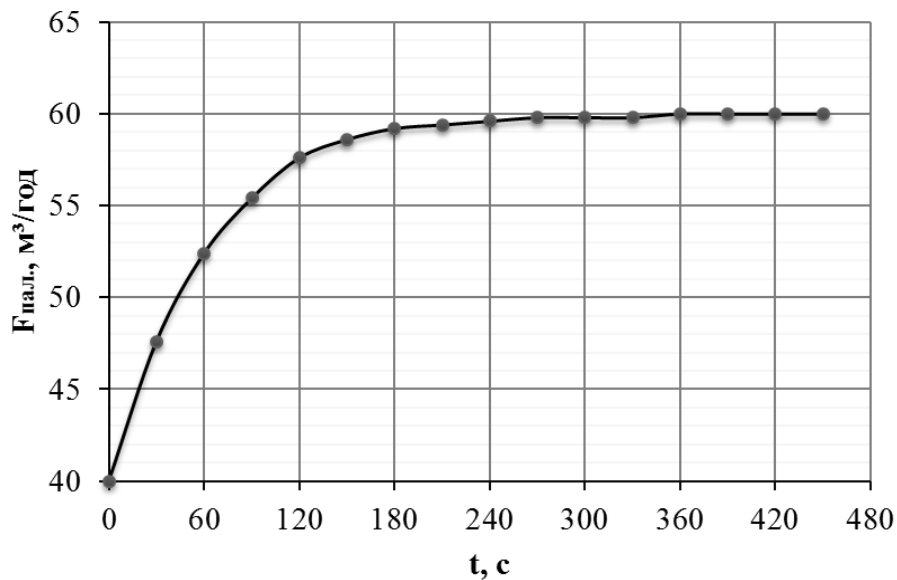


Рисунок 2.3 - Експериментальна перехідна характеристика за допоміжним каналом регулювання (положення РО, % - витрата газу, м³/год)

Для подальшого аналізу системи автоматичного керування нам буде потрібно зобразити характеристику у вигляді безрозмірних величин відповідно наступних формул:

$$Y_{\text{вих}i}^* = \frac{Y_{\text{вих}i} - Y_{\text{вих}0}}{Y_{\text{вих} \max} - Y_{\text{вих}0}}, \quad X_{\text{вх}i}^* = \frac{X_{\text{вх}i} - X_{\text{вх}0}}{X_{\text{вх} \max} - X_{\text{вх}0}}, \quad (2.1)$$

де $Y_{\text{вих}i}$, $X_{\text{вх}i}$ - біжучі значення вихідної та вхідної змінних у розмірних одиницях;

$Y_{\text{вих}0}$, $X_{\text{вх}0}$ - значення вихідної та вхідної змінних у розмірних одиницях до моменту нанесення збурення на керований об'єкт;

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

$X_{\text{вх} \max}$ - максимальне значення вхідної величини в розмірних одиницях.

Виконаємо розрахунок для основного каналу автоматичного регулювання:

$$y_{\text{вих}0} = \frac{290,00 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,00;$$

$$y_{\text{вих}2} = \frac{310,90 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,190;$$

$$y_{\text{вих}1} = \frac{290,00 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,00;$$

$$y_{\text{вих}3} = \frac{339,50 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,450;$$

$$y_{вих4} = \frac{362,60 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,660;$$

$$y_{вих8} = \frac{395,60 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,960;$$

$$y_{вих5} = \frac{380,20 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,820;$$

$$y_{вих9} = \frac{397,80 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,980;$$

$$y_{вих6} = \frac{387,90 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,890;$$

$$y_{вих10-12} = \frac{398,90 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,990;$$

$$y_{вих7} = \frac{393,40 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 0,940;$$

$$y_{вих13-15} = \frac{400,00 - 290,00}{400,00 - 290,00} = 1,00;$$

$$x_{ex} = 1,00.$$

Отримані у результаті обрахунків значення зводимо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Безрозмірні результати експерименту за основним каналом автоматичного регулювання

t, c	x_{ex}	$y_{вих}$
0	1	0
30	1	0
60	1	0,19
90	1	0,45
120	1	0,66
150	1	0,82
180	1	0,89
210	1	0,94
240	1	0,96
270	1	0,98
300	1	0,99
330	1	0,99
360	1	0,99
390	1	1
420	1	1
450	1	1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ

Арк.

27

Користуючись наведеними у таблиці 2.3 даними виконаємо побудову експериментальної перехідної характеристики у безрозмірних одиницях, а результат наведемо на рисунку 2.4.

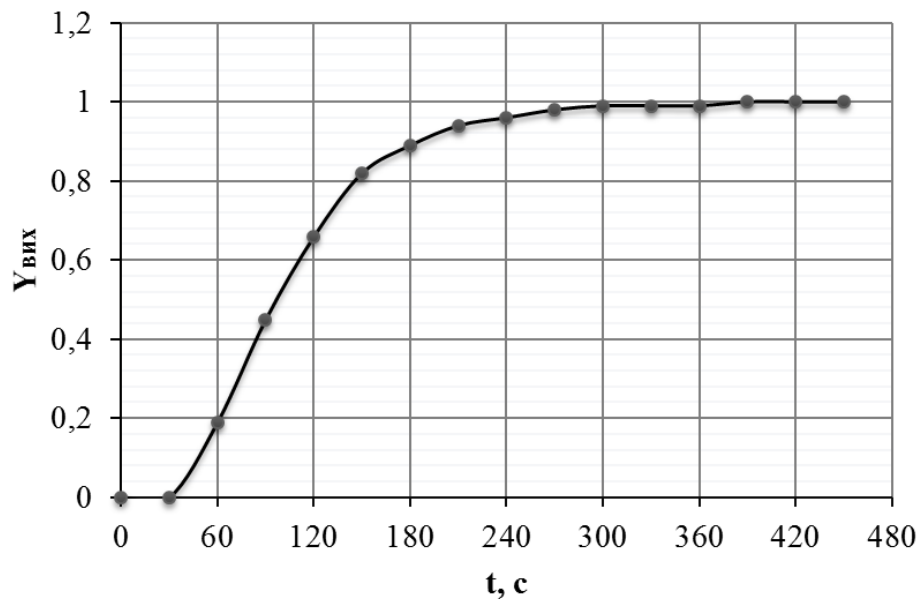


Рисунок 2.4 - Безрозмірна експериментальна перехідна характеристика за основним каналом автоматичного регулювання

Апроксимацію проводимо за допомогою комп'ютера, використовуючи програму Аргох. Отже отримана передавальна функція матиме наступний вигляд:

$$W(p) = \frac{-16,8620p + 1,0}{16095,4570p^3 + 2463,2480p^2 + 92,3370p + 1,0}. \quad (2.2)$$

Найбільша похибка апроксимації безрозмірних даних знаходиться у точці $t = 150$ с рівна 1,7% (додаток А1).

Здійснимо розрахунок для допоміжного каналу автоматичного регулювання:

$$y_{вих0} = \frac{40,00 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,00; \quad y_{вих5} = \frac{58,60 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,930;$$

$$y_{вих1} = \frac{47,60 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,380; \quad y_{вих6} = \frac{59,20 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,960;$$

$$y_{вих2} = \frac{52,40 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,620; \quad y_{вих7} = \frac{59,40 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,970;$$

$$y_{вих3} = \frac{55,40 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,770; \quad y_{вих8} = \frac{59,60 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,980;$$

$$y_{вих4} = \frac{57,60 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,880;$$

$$y_{вих9-11} = \frac{59,80 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 0,990;$$

$$y_{вих12-15} = \frac{60,00 - 40,00}{60,00 - 40,00} = 1,00;$$

$$x_{ex} = 1,00.$$

Отримані у результаті обрахунків значення зводимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Безрозмірні результати експерименту за допоміжним каналом автоматичного регулювання

<i>t, c</i>	<i>x_{ex}</i>	<i>y_{вих}</i>
0	1	0
30	1	0,38
60	1	0,62
90	1	0,77
120	1	0,88
150	1	0,93
180	1	0,96
210	1	0,97
240	1	0,98
270	1	0,99
300	1	0,99
330	1	0,99
360	1	1
390	1	1
420	1	1
450	1	1

Користуючись наведеними у таблиці 2.4 даними виконаємо побудову експериментальної перехідної характеристики за каналом витрати теплоносія в колону у безрозмірних одиницях, а результат наведемо на рисунку 2.5.

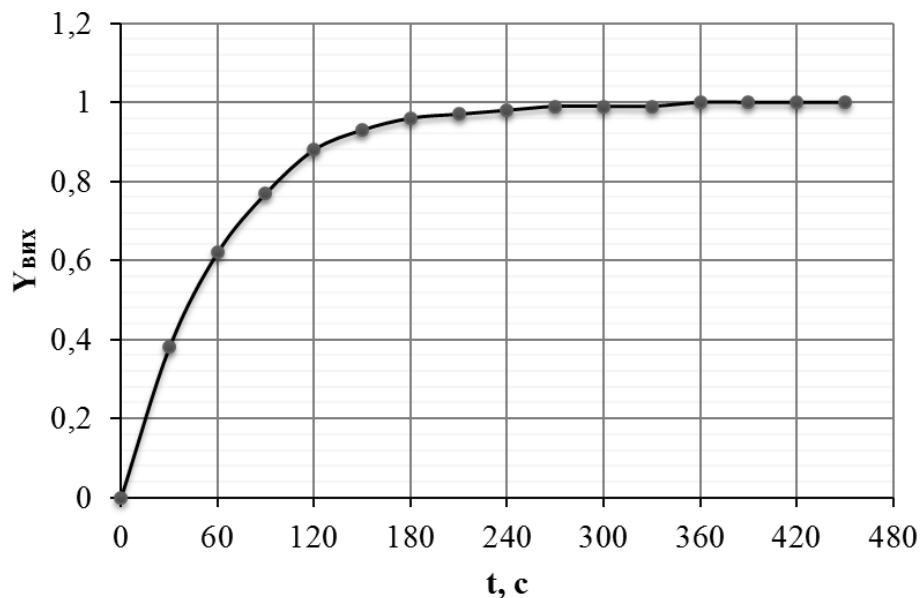


Рисунок 2.5 - Безрозмірна експериментальна перехідна характеристика за допоміжним каналом автоматичного регулювання

Апроксимацію виконаємо за допомогою програмного продукту Argox в результаті чого отримаємо наступну функцію передачі:

$$W(p) = \frac{1,0}{60.2p + 1,0} \quad (2.3)$$

Найбільша похибка апроксимації безрозмірних даних знаходиться у точці $t = 120$ с являється рівною 1,7% (додаток А2).

Висновки до розділу

Виконано вибір та обґрунтування об'єкт керування. Проведено апроксимацію експериментально отриманих даних, та визначено передавальну функцію об'єкта керування за допоміжним та основним каналами регулювання із використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка одноконтурної САК

Спрощена функціональна схема досліджуваного апарату у випадку використання одноконтурної САК представлена на рисунку 3.1.



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

Рисунок 3.1 - Спрощена функціональна схема одноконтурної САК

Розроблюваний об'єкт представляє з себе об'єкт який має самовирівнювання, котрий зазвичай працює за умов повного навантаження. З метою забезпечення потрібних показників якості автоматичного регулювання, а також для забезпечення необхідної якості перехідного процесу, а також забезпечення стійкості системи автоматичного керування виберемо регулятор який забезпечуватиме ПІ – закон автоматичного регулювання.

Вибраний регулятор має таку функцію передачі:

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

З метою визначення невідомих параметрів регулятора C_0 та C_1 знайдемо передавальну функцію замкнутої системи, а для цього спочатку визначимо передавальну функцію розімкненої системи автоматичного керування:

$$\begin{aligned} W_{роз}(p) &= \frac{-16,8620p + 1,0}{16095,4570p^3 + 2463,2480p^2 + 92,3370p + 1,0} \cdot W_p(p) = \\ &= \frac{-16,8620p + 1,0}{16095,4570p^3 + 2463,2480p^2 + 92,3370p + 1,0} \cdot \frac{C_1 p + C_0}{p} = \\ &= \frac{(-16,8620p + 1,0)(C_1 p + C_0)}{16095,4570p^4 + 2463,2480p^3 + 92,3370p^2 + 1,0p}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Функція передачі замкнутої системи, структура якої представлена на рисунку 3.1 матиме наступний вигляд:

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$W_{зам}(p) = \frac{\frac{(-16,8620p + 1.0)(C_1p + C_0)}{16095,4570p^4 + 2463,2480p^3 + 92,3370p^2 + 1.0p}}{1.0 + \frac{(-16,8620p + 1.0)(C_1p + C_0)}{16095,4570p^4 + 2463,2480p^3 + 92,3370p^2 + 1.0p}} =$$

$$= \frac{(-16,8620p + 1.0)(C_1p + C_0)}{16095,4570p^4 + 2463,248p^3 + 92,337p^2 + 1.0p + (-16,8620p + 1.0)(C_1p + C_0)}.$$

Визначення оптимальних параметрів для регулятора здійснюватимемо у підпрограмі Tune програми Matlab. Дивлячись на дані наведені у додатку Б1 можемо записати: $K_p = C_1 = 0.5925$, $K_i = C_0 = 0.0089$.

З урахуванням наведених вище результатів можемо отримати функцію передачі замкненої системи:

$$W_{зам}(p) = \frac{-9,9910p^2 + 0.44250p + 0,00890}{16095.4570p^4 + 2463,2480p^3 + 82.3460p^2 + 1,44250p + 0.0089}.$$

3.2 Розробка каскадної САК

Щоб виконати реалізацію каскадної САК потрібно до основного контуру автоматичного регулювання додати ще один допоміжний контур регулювання, який являтиметься малоінерційним. Регулювання значення витрати палива у піч П-1 являтиметься саме таким контуром.

На рисунку 3.2 представлена у загальному вигляді структурна алгоритмічна схема каскадної САК.

Процес розрахунку каскадної САК розпочнемо із основного каналу автоматичного регулятора. У загальному вигляді передавальна функція для об'єкта який досліджується матиме такий вигляд:

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

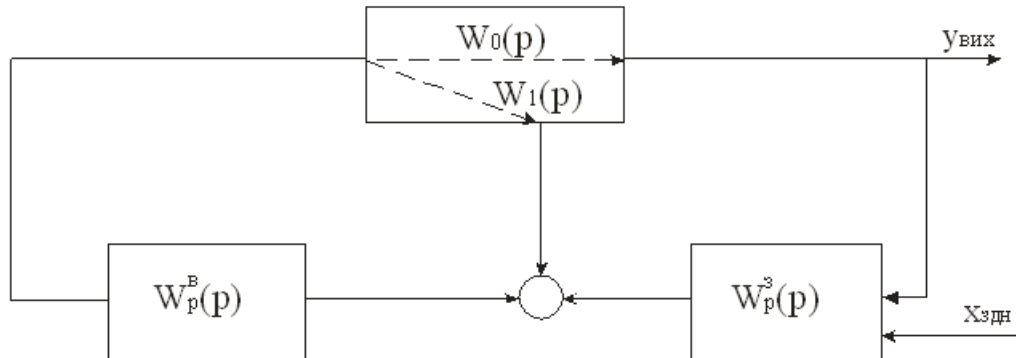
де $W_0(p) = \frac{-16.862p + 1}{16095.457p^3 + 2463.248p^2 + 92.337p + 1}$. - передавальна функція

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основного каналу автоматичного регулювання;

$$W_1(p) = \frac{1}{60.2p + 1} - \text{передавальна функція допоміжного каналу автоматичного}$$

регулювання.



$W_p^3(p)$ - передавальна функція зовнішнього регулятора; $W_p^e(p)$ - передавальна функція внутрішнього регулятора; $W_0(p)$ - передавальна функція основного каналу регулювання; $W_1(p)$ - передавальна функція допоміжного каналу регулювання

Рисунок 3.2 - Спрощена функціональна схема каскадної САК

Виконаємо припущення, що робоча частота основного контуру автоматичного регулювання W_p' є набагато меншою за робочу частоту допоміжного контуру автоматичного регулювання W_p'' . У такому випадку ($W = W_p'$) справедливою являтиметься така нерівність:

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

З урахуванням (3.5) можна стверджувати, що $W_e' = W_0(p)/W_1(p)$. З урахуванням значень $W_0(p)$ та $W_1(p)$, одержимо:

$$W_e'(p) = \frac{-16,8620p + 1.0}{16095,4570p^3 + 2463,2480p^2 + 92,3370p + 1.0} \Bigg/ \frac{1.0}{60,20p + 1.0} = \frac{-1015,09240p^2 + 43,3380p + 1.0}{16095,4570p^3 + 2463,2480p^2 + 92,3370p + 1.0}$$

Визначення оптимальних параметрів для регулятора (ПІ-регулятора)

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

здійснюватимемо у підпрограмі Tune програми Matlab. Дивлячись на дані наведені у додатку Б2 можемо записати: $K_p = C_1 = 0,4098$, $K_i = C_0 = 0,0165$.

З урахуванням додатку Б2 функція передачі основного регулятора матиме такий вигляд:

$$W_p^3(p) = \frac{0.40980p + 0.01650}{1.0p}. \quad (3.6)$$

Здійснимо розрахунок функції передачі допоміжного каналу автоматичного регулювання:

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

Підставивши визначені попередньо функції передачі одержимо таку функцію передачі допоміжного каналу автоматичного регулювання:

$$\begin{aligned} W_e''(p) &= \frac{-16,8620p + 1.0}{16095,4570p^3 + 2463,2480p^2 + 92,3370p + 1.0} \cdot \frac{0.40980p + 0.01650}{1.0p} + \frac{1.0}{60,20p + 1.0} = \\ &= \frac{16095,4570p^4 + 2047.2630p^3 + 93,3480p^2 + 2.1249p + 0,01650}{968946,51140p^5 + 164382,98660p^4 + 8021.93540p^3 + 152,5370p^2 + 1.0p}. \end{aligned}$$

Визначення оптимальних параметрів для регулятора (ПІ-регулятора) здійснюватимемо у підпрограмі Tune програми Matlab. Дивлячись на дані наведені у додатку Б3 можемо записати:

$$W_p^6(p) = \frac{131,80p + 5,0460}{1.0p}.$$

Еквівалентна передавальна функція для каскадної САК має такий вигляд:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{W_p^3(p)W_0(p)W_p^6(p)}{W_p^3(p)W_0(p)W_p^6(p) + W_1(p)W_p^6(p) + 1}. \quad (4.7)$$

Підставивши визначені попередньо функції передачі одержимо таку функцію передачі автоматичного регулювання:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{-54826.8050p^4 - 1965.8250p^3 + 153.360p^2 + 7.850p + 0.08330}{968946.50p^6 + 2285764.20p^5 + 359068.890p^4 + 22786.280p^3 + 752.09p^2 + 12.90p + 0.0833}.$$

3.3 Дослідження стійкості одноконтурної САК

Відповідно до критерію Михайлова система автоматичного керування, котра

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

описуватиметься рівнянням, яке має n -порядків являтиметься, стійкою коли годограф Михайлова послідовно пройде n квадрантів.

З функції передачі одноконтурної САК запишемо характеристичний поліном:

$$F(p) = 16095,4570 p^4 + 2463,2480 p^3 + 82,3460 p^2 + 1,44250 p + 0,00890.$$

Записаний вище поліном прирівнюємо до нуля:

$$16095,4570 p^4 + 2463,2480 p^3 + 82,3460 p^2 + 1,44250 p + 0,00890 = 0.$$

Виконаємо підстановку $p = j\omega$:

$$16095,4570 \omega^4 - 2463,2480 j \omega^3 - 82,3460 \omega^2 + 1,4425 j \omega + 0,00890 = 0.$$

З описаного вище рівняння виділимо дійсну а також уявну частини:

$$Q(\omega) = -2463,2480 \omega^3 + 1,44250 \omega;$$

$$P(\omega) = 16095,4570 \omega^4 - 82,3460 \omega^2 + 0,00890.$$

Для того щоб побудувати годограф Михайлова використаємо математичний програмний пакет Mathcad. З результатів наведених у додатку В1 можемо побачити що годограф Михайлова послідовно проходить чотири квадранти, що у повній мірі задовольняє умовам поставлені критерієм Михайлова. Отож можемо стверджувати, що згідно критерію Михайлова система автоматичного керування являється стійкою.

3.4 Дослідження стійкості каскадної САК

З функції передачі каскадної САК запишемо характеристичний поліном:

$$F(p) = 968946,50 p^6 + 2285764,20 p^5 + 359068,890 p^4 + 22786,280 p^3 + 752,090 p^2 + 12,90 p + 0,08330.$$

Записаний вище поліном прирівнюємо до нуля:

$$968946,50 p^6 + 2285764,20 p^5 + 359068,890 p^4 + 22786,280 p^3 + 752,090 p^2 + 12,90 p + 0,08330 = 0.$$

Проведемо підстановку $p = j\omega$:

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$-968946,50\omega^6 + 2285764,20j\omega^5 + 359068,890\omega^4 - 22786,280j\omega^3 - 752,090\omega^2 + 12,90j\omega + 0,08330 = 0.$$

З описаного вище рівняння виділимо дійсну а також уявну частини:

$$Q(\omega) = 2285764,20\omega^5 - 22786,280\omega^3 + 12,90\omega;$$

$$P(\omega) = -968946,50\omega^6 + 359068,890\omega^4 - 752,090\omega^2 + 0,08330.$$

Для того щоб побудувати годограф Михайлова використаємо математичний програмний пакет Mathcad. З результатів наведених у додатку В2 можемо побачити що годограф Михайлова послідовно проти годинникової стрілки проходить шість квадрантів, що абсолютно задовольняє умовам поставлені критерієм Михайлова. Отож можемо стверджувати, що згідно критерію Михайлова система автоматичного керування являється стійкою.

3.5 Оцінка якісних показників систем автоматичного керування за перехідними характеристиками

З метою здійснення оцінки якісних показників перехідного процесу виконаємо побудову перехідної характеристики одноконтурної системи автоматичного керування. Побудову такої перехідної характеристики виконаємо за допомогою програмного продукту Matlab а зокрема його компоненту Simulink.

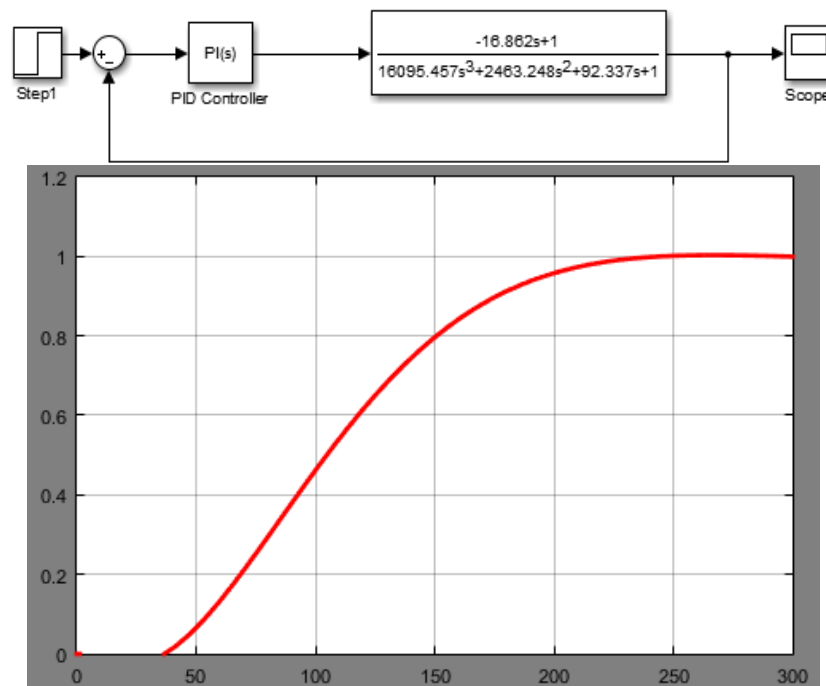


Рисунок 3.3 – Перехідна характеристика одноконтурної САК

Використаємо такі показники для оцінки якості системи автоматичного керування:

- час перехідного процесу:

$$t_n = 225,0 \text{ с};$$

- величина перерегулювання:

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

Аналогічним чином виконаємо дослідження каскадної системи автоматичного керування.

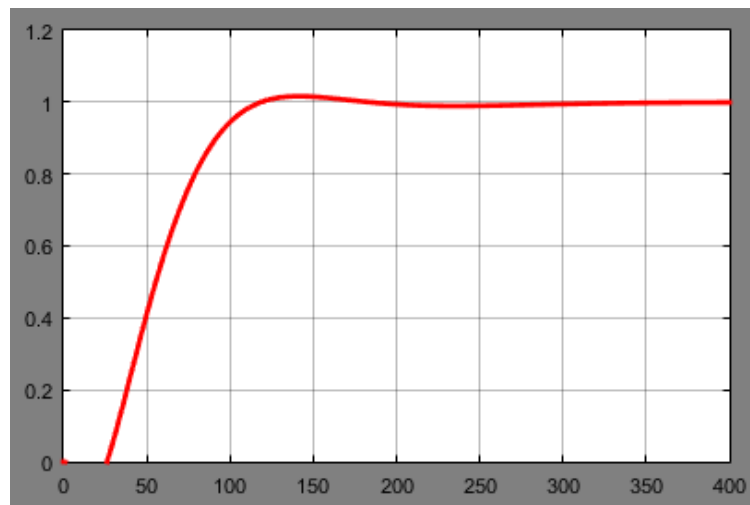
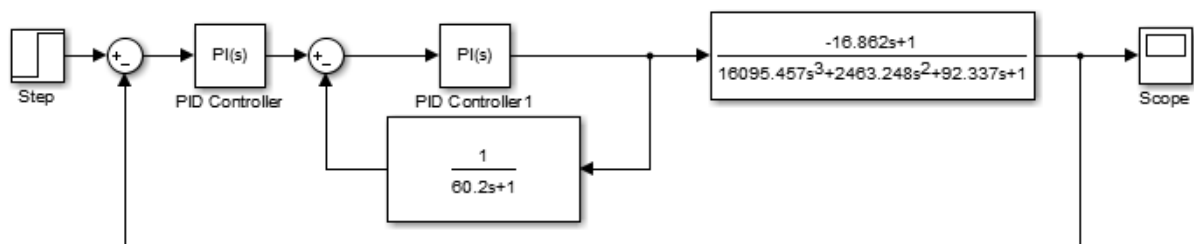


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика каскадної САК

Використаємо такі показники для оцінки якості системи автоматичного керування:

- час перехідного процесу:

$$t_n = 120,0 \text{ с};$$

- величина перерегулювання:

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

Висновки до розділу

Виконано аналіз системи автоматичного керування. Виконано дослідження двох схем автоматичного керування, а саме каскадну і одноконтурну.

Визначено параметри налаштування для регуляторів як для одноконтурної так само й для каскадної систем автоматичного регулювання а також за допомогою програмного пакету Matlab змодельовані системи керування та відображені їхні перехідні характеристики.

Виконано дослідження стійкості систем автоматичного керування за критерієм Михайлова.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

4.1 Розробка структурної схеми ієрархічної системи керування

Основним проектним документом для розробки проекту являється структурна схема, тому, що ним установлюються деякі оптимальні канали управління технологічними процесами, які призначаються для досягнення деяких високих експлуатаційних показників.

Головним призначенням структурних схем у загальному являється визначення системи автоматичного контролю а також управління виробничим процесом об'єкта дослідження та встановлення взаємних зв'язків між щитами та пультами управління.

Сучасну автоматичну систему керування технологічним процесом та відповідно збором даних розроблятимемо із урахуванням таких вимог:

- забезпечення надійної та продуктивної роботи підприємства, виконуючи певні функції управління, котрі пов'язані із процесом регулювання технологічними змінними та захистом технологічного процесу а також обладнання;

- забезпечення взаємодії, у реальному масштабі часу, оператора а також обслуговуючого персоналу з протікаючим технологічним процесом та наявним автоматизованим обладнанням, котре відповідно використовується у даному технологічному процесі;

- забезпечення видачі інформації, яка потрібна для обліку а також керівництва роботою цілого підприємства.

Першим рівнем керування передбачається три таких режими управління:

- командами, котрі надходять від вищого рівня;
- командами, котрі створюються безпосередньо на першому рівні;
- командами, котрі надходять від вищого рівня а також команди, котрі формуються безпосередньо на першому рівні.

Другим рівнем передбачаються такі режими процесу управління:

- команди, котрі формуються на другому рівні управління;

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- всі наявні на другому рівні управління функції передаються безпосередньо на апаратуру яка розташована на першому рівні;

- деяка кількість команд формуються безпосередньо на другому рівні, а відповідно деяка кількість команд управління передана на відповідну апаратуру першого рівня.

Запропонована структура системи автоматичного управління забезпечує відповідно її оперативність, ремонтпридатність та відповідно надійність. У цей же час досить легко вирішується деякий оптимальний рівень централізації системи управління із відповідним мінімальним числом засобів для технологічного контролю, управління та відповідно ліній зв'язку між ними.

4.2 Розробка функціональної схеми автоматизації установки гідроочистки керосину

Функціональна схема технологічних процесів являє собою деякий основний технічний документ, котрий визначає загальну структуру а також характер систем автоматизації технологічного процесу та облаштування їх приладами і відповідно засобами автоматизації.

ФСА повинні враховувати:

- склад завдань пов'язаних із контролем та управлінням технологічними процесами;
- організацію необхідних пунктів контролю та управління;
- організувати взаємодію між наявними меншими системами.

На ФСА показують:

- технологічну схему а також спрощене відображення агрегатів, котрі підлягають автоматизації;
- прилади а також засоби автоматизації та управління котрі зображають умовними позначеннями відповідно діючим стандартів та відповідно лінії зв'язку між ними;
- таблицю умовних позначень;

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- машини централізованого контролю, а також лінії зв'язку їх із перетворювачами, давачами, виконавчими механізмами.

Функціональну схему зазвичай виконують на одному листі. На ньому зображують засоби автоматизації та апаратуру всіх систем регулювання, контролю і сигналізації, які відносяться до заданої установки.

На ФСА зображують такі допоміжні пристрої, як: джерела живлення, редуктори, фільтри для повітря, реле, вимикачі, автомати, з'єднувальні коробки. На ФСА не показують інші пристрої та монтажні елементи.

В загальному випадку ФСА виконують спрощеними та розгорнутими. На спрощеній ФСА не відображають організацію пунктів контролю а також керування об'єктом. У випадку вибору розгорнутого способу на схемах показують: апаратуру управління і сигналізації, відбірні пристрої, давачі, перетворювачі, регулюючі і запірні органи, вторинні прилади, виконавчі механізми.

Прилади а також засоби автоматизації, що розташовуються за межами щитів та котрі безпосередньо не пов'язані із задіяним технологічним обладнанням та трубопроводами розміщують у прямокутнику з написом «Прилади місцеві». На ФСА не зображують відбірні а також певні приймальні пристрої котрі мають вмонтовуватися у технологічні апарати і трубопроводи, а також первинні вимірювальні перетворювачі.

Позиційне позначення присвоюється усім приладам та засобам автоматизації котрі зображеним на ФСА. Усі позиційні позначення номерів функціональних групи зображуються арабськими цифрами та буквами українського алфавіту.

Кожному елементу функціональної групи присвоюють буквенні позначення у порядку абетки а також у залежності від послідовності проходження технологічного сигналу. У спрощеному вигляді на ФСА зображують технологічне обладнання та комунікації.

На технологічних трубопроводах показують

Наводять тільки ту регулюючу запірну апаратуру котра бере участь у контролі чи керуванні процесом безпосередньо.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.1 Вибір технічних засобів для автоматизації процесу гідроочистки керосину

Вибір приладів здійснюється у відповідності із їх призначенням, певними умовами експлуатації та метрологічними характеристиками. Усі задіяні прилади характеризуються такими метрологічними характеристиками як точність вимірювання та границя пропорційності. Границі вимірювання характеризуються нижньою а також верхньою границею вимірювання, а відповідно точність вимірювання характеризується класом точності приладів.

Зазвичай клас точності позначається цифрами, які рівні допустимому значенню певної основної приведенної похибки, котра виражена в процентах. у залежності від типу виконання вибухозахищені прилади та відповідно обладнання виготовляють: маслонаповнені з підвищеною точністю проти вибуху; вибухонепроникні; кварцового заповнення та спеціальні.

Усі вибрані технічні засоби автоматизації та їхні короткі технічні характеристики приводимо у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Технічна характеристика ТЗА

Позначення на ФСА	Марка ТЗА	Технічна характеристика
7а-б, 3а-б, 5а-б, 4а-б, 18а-б, 19а-б	Інтелектуальний масовий витратомір SCM 300 PLUS фірми Honeywell	Точність вимірювання: масова витрата $\pm 0,2\%$, об'ємна - $\pm 0,3\%$. Температура навколишнього середовища у межах від мінімум -25 до максимум 60 °С. Діапазони вимірюваних витрат: - при розмірі чутливого елемента - 80мм від 89999 до 179988 кг/год; - при розмірі чутливого елемента - 25мм від 898 до 17962 кг/год; - при розмірі чутливого елемента - 4мм від 22,5 до 450 кг/год.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Позначення на ФСА	Марка ТЗА	Технічна характеристика
		<p>Струмний вихід 4-20 мА з протоколом HART.</p> <p>Температура текучого середовища - до 130 °С.</p> <p>Номинальний тиск у межах від 40 до 100 бар.</p> <p>Споживана потужність від 85 до 260 Вт.</p> <p>Витратомір стійкий до корозії і агресивних середовищ.</p>
2а-б, 13а-б, 17а-б	<p>Інтелектуальний датчик температури моделі STT25E фірми Honeywell</p>	<p>Точність Ц/А перетворення $\pm 0,025\%$ від інтервалу.</p> <p>Точність холодного спаю (ХС): ± 5 °С.</p> <p>Сумарна вихідна точність: 4–20 мА аналоговий режим = Цифрова точність + точність Ц/А вихідних даних + точність (ХС) (тільки для термопар).</p> <p>Сумарна вихідна точність: Цифровий режим DE = Цифрова точність + точність (ХС) (тільки для термопар).</p> <p>Дія напруги живлення: 0,005 % від максимального діапазону на 1 вольт.</p> <p>Температура вимірювання: від 0 до 800°С.</p>
1а, 10а, 11а, 14а, 15а	<p>Інтелектуальний давач тиску моделі 2088 фірми Rosemount</p>	<p>Діапазон вимірювання - до 6,9 МПа.</p> <p>Час відгуку - до 200 мсек.</p> <p>Діапазон температури – від -30 до 121°С.</p> <p>Температура навколишнього середовища – від -20 до 80°С.</p> <p>Відносна вологість - 0-100%.</p>

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Позначення на ФСА	Марка ТЗА	Технічна характеристика
		<p>Час включення - 2с.</p> <p>Точність - 0,2%.</p> <p>Вихідний сигнал – 4-20 мА з протоколом HART.</p>
ба-б, бв-г	<p>Давач неперервного аналізу САТ-100 фірми Rosemount</p>	<p>Може задовольняти вимоги як одно- так і багатокомпонентного аналізу. Може здійснювати вимірювання більше 60 компонентів, з них: вуглекислий газ; окис вуглецю; сірчистий ангідрид диоксид азоту; кисень, аміак, вода, водень, метан, етилен та ін.</p> <p>Має можливість роботи як окремого аналізатора та як частина аналізаторної мережі, яка має додатковий блок обробки проби та дає можливість одержати абсолютно автономну аналізаторну систему.</p> <p>Має універсальне живлення 90-264 В змінного струму, з частотою 50-60 Гц, 180 Вт. При пуску. максимум 380 Вт.</p> <p>Число детекторів: ультрафіолетове; видиме випромінювання; електрохімічне; парамагнітне (максимум по 3 детектори у кожному аналізаторі)</p> <p>Монтується на трубопровід 4 чи 6 дюймів. Монтується у стійці чи на стіні.</p> <p>Діапазон вимірюваної температури навколишнього середовища становить - 0⁰ - 45⁰С.</p> <p>Відносна вологість: від 5 до 100%.</p>

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Позначення на ФСА	Марка ТЗА	Технічна характеристика
		<p>Наявні входи та виходи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аналогові: не більше 8 ізольованих 4–20мА, максимальне можливе навантаження 500 Ом; - цифрові: RS–232 послідовний інтерфейс; RS–485 багатоканальна сітка.
8а, 9а, 12а, 16а	Інтелектуальний давач рівня ST3000 фірми Honeywell	<p>Верхня межа вимірювання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - у воді: 400; - mbar: 1000. <p>Нижня межа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - у воді: 25; - mbar: 62,5. <p>Точність:</p> <ul style="list-style-type: none"> - при аналоговому виході: $\pm 0.1\%$ верхнього значення, а якщо нижче нижньої межі: $\pm 0.05 + 0.05 * 62.5 / H$; - при цифровому виході: $\pm 0.075\%$ верхнього значення.
20а	Блоки перетворення сигналів інтерфейсів БПІ-485	<p>Тип вхідного інтерфейсу блоку БПІ-485: RS-232C.</p> <p>Тип вихідного інтерфейсу блоків БПІ-485: RS-485, 2-х провідний.</p> <p>Напруги живлення блоку +24В постійного струму.</p>

Позначення на ФСА	Марка ТЗА	Технічна характеристика
1Г, 5д, 7д, 12Г, 13д, 16Г	Індикатор технологічний мікропроцесорний ІТМ - 11	<p>Кількість каналів виміру: 1.</p> <p>Період виміру: 0,1 с.</p> <p>Гальванічна ізоляція являється трирівневою, а саме за входом, виходом та по живленню.</p> <p>Вхідні сигнали:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0-10В ($R_{вх}=25\text{кОм}$), 0-5мА ($R_{вх}=400\text{ Ом}$), 0(4)-20 мА ($R_{вх}=100\text{ Ом}$); - 100П, ТСП 50П, ТХК_н(Е), 100М, гр.21 ТСМ 50М, гр.23, ТХК(L), ТХА(К), ТВП(S), ТВР (А), ТПР(В), ТЖК(І). <p>Приведена похибка вимірювання становить $\pm 0,2\%$.</p> <p>Роздільна здатність для цифрової індикації становить $\pm 0,01\%$.</p> <p>Кількість розрядів цифрового індикатора: 4.</p> <p>Висота цифр світлодіодних індикаторів: 8 мм.</p> <p>Кількість розрядів (сегментів) лінійного індикатора: 31.</p> <p>Роздільна здатність лінійної індикації: 3,3 %/сегмент або 1,7 %/сегмент з доп. миготливим сегментом.</p> <p>Висота сегменту лінійних індикаторів: 5 мм.</p> <p>2 дискретні виходи (залежно від замовлення клемно-блокового з'єднувача):</p> <ul style="list-style-type: none"> - транзистор ОК, до 40В до 100мА; - реле, до 220В 8А;

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Позначення на ФСА	Марка ТЗА	Технічна характеристика
		<p>- оптосимистор який має внутрішню схему переходу через нуль до 600В–50мА; - твердотіле реле, до 60В-1ААС/1АДС. Вихідний аналоговий сигнал: 0–5 мА ($R_H \leq 2\text{кОм}$), 0–20 мА, 4–20 мА ($R_H = 2\text{кОм}$). Температура довкілля у межах від мінімум -40°C до максимум $+70^\circ\text{C}$. Напруга живлення: від мережі постійного струму 24($\pm 2,4$) В. Споживана потужність: не більше 150 мА. Корпус (ВхШхГ) щитовою 48x96x141 мм DIN43700, IP30. Монтажна глибина: 170 мм. Маса блоку: не більше 0,33 кг.</p>
4д, 6д, 9г, 11г, 15г, 19д	Індикатор технологічний мікропроцесорний ІТМ-22	<p>Кількість каналів для вимірювання 2. Період вимірювання становить 0,5 с. Трирівнева гальванічна ізоляція (за входом, виходом, живленням). Роздільна здатність цифрової індикації становить $\pm 0,01\%$. Основна приведена похибка вимірювання становить $\pm 0,2\%$. Роздільна здатність лінійної індикації становить 5%/сегмент чи 2,5%/сегмент. Висота цифр світлодіодних індикаторів становить 8 мм.</p>

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Позначення на ФСА	Марка ТЗА	Технічна характеристика
		<p>Висота сегменту розташованих лінійних індикаторів становить 5 мм.</p> <p>Споживана потужність менше 8,5 Вт.</p> <p>Температура довкілля в межах від мінімум +5°C до максимум +50°C.</p> <p>Напруга живлення за допомогою мережі змінного струму (50±1) Гц, ~(220±22) В.</p> <p>Корпус (ВхШхГ) - 96х96х185 мм.</p> <p>Монтажна глибина: 240 мм.</p> <p>DIN43700, IP30.</p> <p>Маса блоку : не більше 0,95 кг.</p>
1в, 3г, 4г, 5г, 7г, 8в, 9в, 10в, 11в, 12в, 13г, 14в, 15в, 16в, 18г, 19г	Клапан прохідний з електропневматичним приводом серії V2001-ЕЗ	<p>Умовний діаметр Ду мм: 15 ... 100.</p> <p>Умовний тиск Ру: 10 ... 40.</p> <p>Ущільнення сідла: металічне ущільнення.</p> <p>Характеристика: рівнопроцентна.</p> <p>Співвідношення регулювання: до 50:1.</p> <p>Температурний діапазон: 10 ... 220 °С.</p> <p>Вхідні сигнали: 4...20 мА.</p>
	Електропневматичний позиціонер типу 3766 простої дії	<p>Номінальний хід, мм - 7,5 ... 120.</p> <p>Кут повороту - до 90°.</p> <p>Вхідний сигнал - 4(0) ... 20 мА.</p> <p>Тиск живлення - 1,4 ... 6 атм (20 ... 90 psi).</p> <p>Характеристика - лінійна.</p> <p>Допустима навколишня температура °С - 20...80 °С.</p>

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Для регулювання вибираємо електричні прилади з уніфікованим вхідним сигналом, які можуть здійснювати регулювання, індикацію технологічних параметрів та сигналізацію відхилення технологічних параметрів від заданих меж, а саме контролер МІК-51.

МІК-51 являє собою малоканальний багатофункціональний мікропроцесорний контролер, який в основному призначений для автоматичного регулювання і логічного управління різними технологічними процесами. Даний контролер призначений для застосування в хімічній, енергетичній, металургійній, електротехнічній, харчовій, скляній цементній та інших галузях промисловості.

МІК-51 зазвичай ефективно вирішує як порівняно прості, так і надзвичайно складні задачі управління. Маючи малу канальність МІК-51 дає можливість, з одного боку, надзвичайно економічно управляти невеликим агрегатом а, з іншого боку, забезпечити високу живучість великих систем управління технологічними процесами. Контролер МІК-51 дозволяє вести супервізорне та багатозв'язне, локальне, каскадне, програмне, регулювання.

Архітектура контролера дає можливість вручну чи автоматично включати, виключати, перемикає чи реконфігурувати контури регулювання, причому дані операції виконуються безударно тобто незалежно від складності структури управління. У зв'язці з обробкою аналогових сигналів контролер серії МІК-51 дозволяє виконувати логічні перетворення отриманих сигналів та виробляти не лише аналогові або імпульсні, але ще й дискретні команди управління. Функціональні блоки формують програму крокового управління із заданим контрольним часом на кожному кроці. У зв'язці з обробкою дискретних сигналів контролер МІК-51 дозволяє виконувати ще й різноманітні функціональні перетворення аналогових сигналів та виробляти не лише дискретні, але ще й аналогові керуючі сигнали.

Контролер МІК-51 містить засоби оперативного управління, які розташовані на передній панелі (рис. 1.1) контролера. Дані засоби оперативного управління дозволяють вручну змінювати режими роботи, тобто встановлювати завдання,

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

управляти ходом виконання програми, та вручну управляти виконавчими пристроями, контролювати сигнали, а також показувати помилки.



Рисунок 4.1 - Вигляд передньої панелі контролера

Аналогові а також дискретні датчики та виконавчі пристрої підключаються до контролера МІК-51 з допомогою індивідуальних кабельних зв'язків. Всередині контролера усі сигнали обробляються у цифровій формі.

Ручне програмування контролера МІК-51 виконується за допомогою клавіш передньої панелі. Автоматичне програмування здійснюється за допомогою спеціального програмного забезпечення – тобто візуального редактора FBD-програм АЛЬФА.

Як мову для програмування в системі використано мову функціональних блокових діаграм (Function Block Diagram (FBD)), яка надає користувачу механізм для об'єктного візуального програмування.

Програмування контролера МІК-51 зводиться до того, що методом послідовного натискання кількох блоків з бібліотеки, яка зашита в постійній пам'яті, викликаються необхідні функціональні блоки. Дані блоки об'єднуються в систему заданої конфігурації, а в них встановлюються потрібні параметри налаштування.

МІК-51 представляє собою комплекс технічних засобів, які включають до свого складу центральний мікропроцесорний блок (рис. 4.2 а), клемно-блоковий з'єднувач (рис. 4.2 б) та модуль розширення (рис 4.2 в).

4.2.2 Опис роботи автоматичної системи керування

Дана система автоматизації забезпечує дворівневий контроль а відповідно і регулювання технологічних параметрів. На нижньому рівні управління процесом контроль, регулювання а також сигналізація здійснюються за допомогою використання мікропроцесорних контролерів МІК-51.

Індикатори технологічні мікропроцесорні ІТМ-11 (ІТМ-22) здійснюють індикацію одного (двох) параметру у відповідних технологічних одиницях на вмонтованих цифрових а також лінійних індикаторах. У даних індикаторах є можливість задавати та сигналізувати відхилення від певних уставок мінімуму а також максимуму.

Описані вище регулятори та індикатори оснащені гальванічно розділеним інтерфейсом RS-485, і відповідно за допомогою протоколу ModBus якому іде збір інформації а також конфігурування регуляторами і індикаторами за допомогою ПК. Оскільки ПК працює із інтерфейсом RS-232, то з метою перетворення інтерфейсів у двохсторонньому напрямку задіюється блок перетворювач інтерфейсів - БПІ-485.

Оскільки технічні засоби автоматизації в даному проекті запропоновані однотипні, тому опишемо тільки типові контури керування.

Схема керування температурою перед реактором працює наступним чином - температура перед ректором вимірюється давачем температури, в вигляді уніфікованого сигналу ця інформація поступає на мікропроцесорний контролер МІК-51, де вона відображається на дисплеї, одночасно вимірюються витрати сировини і палива на вході трубчатої печі і ці параметри також відображаються і сигналізуються на цьому ж контролері. Далі відбувається регулювання цих параметрів за каскадною схемою, а саме: внутрішнім контуром керування є співвідношення витрат палива і повітря, а зовнішнім є регулювання температури перед реактором. Керуючий вплив від якого поступає на завдання регулятора співвідношення витрат. Керуючі сигнали (уніфіковані) від регулятора співвідношення подаються на електропневматичні позиціонери відповідних виконавчих механізмів, сигнал (уніфікований) про положення робочих органів

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

подається на двоканальний індикатор ІТМ-22.

Схема регулювання температури в стабілізаційній колоні аналогічна до схеми регулювання температури перед реактором.

Вимірювання, контроль та регулювання тиску перед реактором здійснюється так: уніфікований сигнал від давача тиску поступає на мікропроцесорний контролер МІК-51, де він відображається і сигналізується. Створюється керуючий вплив (уніфікований сигнал) і поступає на електропневматичний позиціонер виконавчого механізму, що встановлений на лінії входу сировини в реактора. Сигнал про положення виконавчого механізму поступає на технологічний індикатор ІТМ-11.

На даній установці верхній рівень системи автоматизації організовується за допомогою SCADA-системи. Така система забезпечуватиме відображення усього ходу технологічного процесу у операторній на моніторі ПК, його наявних параметрів, технологічної та аварійної сигналізації, архівацію даних для статистики, а також передачу даних на вищий рівень. За її допомогою оператор матиме можливість здійснювати дистанційне налаштування регуляторів, змінювати їхнє завдання в процесі ходу усього технологічного процесу.

4.3 Розробка принципової електричної схеми управління

Принципова електрична схема автоматизації призначається для відображення принципів дії розробленої системи автоматизації та відповідно відображення взаємних зв'язків наявних окремих приладів, а також засобів автоматизації та допоміжною апаратурою, котрі входять до складу функціональних вузлів систем автоматизації та враховують послідовність їхньої роботи та відповідно принципи дії. Описувані схеми являються основою для розробки інших проектних документів, а саме: схем зовнішніх з'єднань; зовнішнього вигляду щита; таблиць з'єднань щитів та пультів; схем підключень, а також інших, які служать для вивчення принципів роботи систем автоматизації а також необхідні в процесі здійснення налагоджувальних робіт а також експлуатації.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Усі принципові схеми будуються спираючись на схеми автоматизації, дивлячись на задані алгоритми функціонування певних окремих вузлів контролю, деякі сигналізації пов'язані з управлінням і загальними технологічними вимогами, котрі зазвичай висуваються до автоматизації об'єкта.

Розроблювані схеми мають забезпечувати: зручність експлуатації і роботи; високу надійність; чіткість дій; простоту та економічність.

Найпоширенішими являються електричні схеми сигналізації а також управління, які володіють елементами захисту та блокування.

В подальшому описані розроблені схеми управління для насосних агрегатів Н-1 і Н-2. Розроблені схеми забезпечують ручне місцеве а також ручне дистанційне управління вибраними насосами.

При ручному місцевому управлінні ставимо перемикач 1-SA1 у положення «Рм» і натискаємо кнопку SB2 «пуск», яка розміщена по місцю. В такому випадку відбувається замикання кола живлення котушки магнітного пускача KM1 (фаза А; SF1; SB3; SB2; SA1; KK1; KM1; KK2; N), котрий відповідно самоблокується а також замикає свої контакти у задіяному силовому колі живлення електродвигуна насоса та відповідно замикає коло живлення лампочки НЛ, котра призначена для сигналізації включення насоса у роботу.

У випадку ручного дистанційного управління перемикач SA1 переключаємо у положення «Рд» та відповідно натискаємо кнопку SB3 «пуск», котра розміщена у операторній. Подальше ввімкнення насоса у роботу відбувається аналогічно.

Зупинення насоса відбувається за допомогою кнопки SB2 «стоп» або SB3 «стоп». У випадку натискання будь-якої із зазначених кнопок відбувається розривання кола живлення котушки магнітного пускача KM1, котрий у такому випадку розсамоблокується, та розмикає контакти у наявному силовому колі живлення електродвигуна, а також у колі живлення лампочки HL1. У такому випадку насос Н-1 зупиняється.

Аналогічним чином відбувається пуск і зупинка насоса Н-2.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

4.4 Розробка креслення загального виду щита

В системах автоматизації щити призначені для розміщення на них приладів контролю та управління. Зазвичай щити встановлюються у спеціально призначених виробничих приміщеннях та спеціальних щитових приміщеннях (операторних, апаратних, диспетчерських).

Компоновка приладів та відповідно і апаратів на змонтованих фасадних панелях щитів та відповідно усередині має виконуватись із урахуванням наявних допустимих полів для монтажу. Базовим правилом розташування приладів на щитах являється зручність їхнього монтажу а відповідно і експлуатації.

Для захисту задіяного обслуговуючого персоналу від можливого потрапляння під небезпечні напруги, та відповідно для попередження можливих механічних пошкоджень електроапаратури запропоновано вибрати щит типу: ЩШ-ЗД-2200x800x600.

На фронтальній панелі щита в межах від 2025мм до 1100мм розміщена апаратура в такій послідовності:

- на висоті 1900-1300 мм прилади контролю, сигналізації та регулювання типу ІТМ-22, ІТМ-11, МІК-51;
- на висоті 1150 мм сигнальна арматура схеми управління насосними агрегатами HL1 - HL2;
- на висоті 990 мм універсальні перемикачі SA1 - SA3.

У щиті розташована електроапаратура, а на лівій та відповідно правій бокових стінках на змонтованих рейках клемні з'єднувачі які мають тип КБЗ.

На лівій боковій стінці розташовано:

- на висоті 1900 - 1300 мм клемні блочні з'єднувачі ХТ2, ХТ3, ХТ14, ХТ17, ХТ5, ХТ18, ХТ7, ХТ20, ХТ22, ХТ10, ХТ12, ХТ15, ХТ13;
- на висоті 700 мм блок затискачів ХТ1.

На правій боковій стінці розміщено:

- на висоті 1900 - 1300мм клемні блочні з'єднувачі ХТ4, ХТ16, ХТ6, ХТ19, ХТ8, ХТ21, ХТ9, ХТ23, ХТ11, ХТ24, а також блок перетворювач інтерфейсів

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БПІ-485;

- на висоті 600 - 450 мм плата з вмонтованими на ній розеткою та автоматичним вимикачем SF1.

Уся обв'язка електроапаратури відбувається за допомогою проводу який має полівінілхлоридну ізоляцію ПВ 1x1 мм.

4.5 Проектування схеми зовнішніх з'єднань та схеми під'єднань

У загальному вигляді схеми зовнішніх з'єднань представляють з себе комбіновані схема, для відображення зовнішніх підключень апаратів, установки щитів, а також пультів, і електричних та трубних зв'язків між приладами та відповідно засобами автоматизації, які встановлені на наявному технологічному обладнанні, а також поза щитами та на щитах. Базовими документами під час проектування та функціонування системи є: функціональна схема автоматизації; принципів електричні схеми; принципів пневматичні схеми; специфікація на задіяне обладнання та вибрані технічні засоби.

Усі схеми підключень розробляються без дотримання масштабу. У практиці зазвичай використовують тільки два варіанта проектування схем, а саме: графічний та табличний. Найбільш розповсюджений - графічний.

У випадку виконання схем підключень за допомогою використання умовних графічних зображень відображають: первинні перетворювачі; відбірні пристрої; щити; поза щитові прилади а також засоби автоматизації; пульти управління, контролю а також сигналізації вимірювання; з'єднувальні а також протяжні коробки; електропроводки і кабелі, котрі прокладені за межами щитів; захисне заземлення; запірну арматуру.

Шафи у яких змонтовані окремі прилади умовно позначаються в вигляді прямокутників та кіл, в середині яких розміщуються відповідні написи.

Усі розроблювані схеми узгоджуються із попередньо розробленими кресленнями загального вигляду щитів та планами розташування ЗА. У найзагальнішому випадку схеми зовнішніх проводок мають відображати:

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

позащитові прилади та ЗА; підвід стиснутого повітря; з'єднуючі а також протяжні коробки; місцеві пункти контролю а також управління; електричні а також трубні проводки; технологічні вказівки; основний надпис; таблиці умовних графічних позначень та перелік задіяних кабелів, проводок а також монтажною арматури.

На розробленій схемі під'єднання виконано таким чином:

- усі давачі температури з'єднані із вторинними приладами (мікропроцесорними регуляторами та контролерами), котрі встановлені на щитах, за допомогою компенсаційних провідників які мають тип ПКГВ 3x1,5, котрі прокладені в коробі, який призначений для пірометричних проводок;

- аналогічно давачі тиску і рівня з'єднані із вторинними приладами за допомогою кабеля ПХВ;

- давачі витрати, які встановлені на трубопроводах і мають в собі первинні перетворювачі з'єднуються із вторинними перетворювачами, які знаходяться на щиті за допомогою кабеля, котрий входить у комплект для поставки витратоміра;

- усі задіяні перетворювачі витрати, рівня, тиску та виконавчі механізми (ВМ) з'єднані із задіяними вторинними приладами за допомогою використання контрольних кабелів які мають тип КВВБГ 4x1, та прокладаються у коробці електричних проводок;

- пост управління насосами Н-1 та Н-2 з'єднаний із задіяними затискачами ХТ1 за допомогою використання контрольних кабелів, котрі відповідають типу КВВБГ 4x1,5, а також прокладаються у коробі для електричних проводок;

- усе живлення до перетворювачів та ВМ підводиться кабелями типу КВВБГ 4x1,5.

На схемі підключень показані під'єднання кабелів до давачів, перетворювачів та регуляторів всіх типових контурів регулювання, які застосовуються в даному проекті. До клем давачів температури під'єднується відповідні проводи кабеля ПВГХК, другим кінцем проводи під'єднуються до клемників КБЗ відповідних приладів. Також до клеми цих же приладів під'єднують провід кабелю, другий кінець цих проводів під'єднуються до клем позиціонерів виконавчих механізмів.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Висновки до розділу

У роботі розроблено структурну схему системи автоматичного керування, а також виконано вибір і детальне обґрунтування ТЗА та контролерів, що являються необхідними в процесі експлуатації розглянутого об'єкту, що виходить із умов проходження технологічного процесу. Виконано розробку функціональної схеми автоматизації, принципової електричної схеми управління, креслення загального виду щита, схеми зовнішніх з'єднань а також схеми під'єднань.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота висвітлюються та вирішуються актуальні проблеми комплексної автоматизації а відповідно і комп'ютеризації хімічних виробництв у певних аспектах нафтогазової промисловості на установці гідроочистки керосину.

Розроблений проект дає можливість отримати вичерпну інформацію про увесь технологічний процес, а також його характеристики, питання пов'язані з автоматизацією, а також дослідження різноманітних систем автоматичного керування за допомогою розробленого математичного моделювання та дослідження деяких експериментальних динамічних характеристик, як процесу у цілому, так і певного конкретного об'єкта керування.

Новими питаннями автоматизації досліджуваних об'єктів являється використання деяких інтелектуальних мікропроцесорних контролерів такої фірми як "Мікрол".

Підсумовуючи усе вище наведене можемо підсумувати, що проект дає можливість на основі розроблених проектних рішень, проведених досліджень а також розрахунків, виконати часткову автоматизацію процесу гідроочистки керосину з використанням мікропроцесорної техніки, що викличе покращення якості та відповідно кількості продукту.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Семенцов Г. Н., Горбійчук М. І., Жуган Л. І., Чеховський С. А. Автоматизація процесів переробки нафти і газу. Львів, 1992. 268 с.
2. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 1999. 610 с.
3. Дранчук М. М. Проектування систем автоматизації [Текст]: практикум / М. М. Дранчук, Л. І. Фешанич. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. – 138 с.
4. Дранчук М. М. Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості. Івано-Франківськ: Факел, 2005. 448 с.
5. Дипломне проектування [Текст]: метод. вказівки / Г. Н. Семенцов, М. М. Дранчук, М. І. Когутяк [et al.]. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – 40 с.
6. Семенцов Г. Н. Планування та обробка результатів експерименту [Текст] : навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, М. М. Дранчук. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2003. – 222 с.
7. Автоматизація виробничих процесів видобутку нафти і газу [Текст]: навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, М. М. Дранчук, Т. О. Бербець. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2003. – 295 с.
8. Семенцов Г. Н. Планування та обробка результатів експерименту [Текст]: навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, М. М. Дранчук. – Івано-Франківськ: Факел, 2015. – 198 с.
9. Новітні засоби контролю і управління технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, М. М. Дранчук, М. І. Горбійчук. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2004. – 190 с.
10. Інтегровані та адаптивні системи керування [Текст]: конспект лекцій / Г. Н. Семенцов, І. І. Чигур, Я. Р. Когуч, М. М. Дранчук. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. – 65 с.
11. Когутяк М. І. Мікроконтролери для систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023.–290 с.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

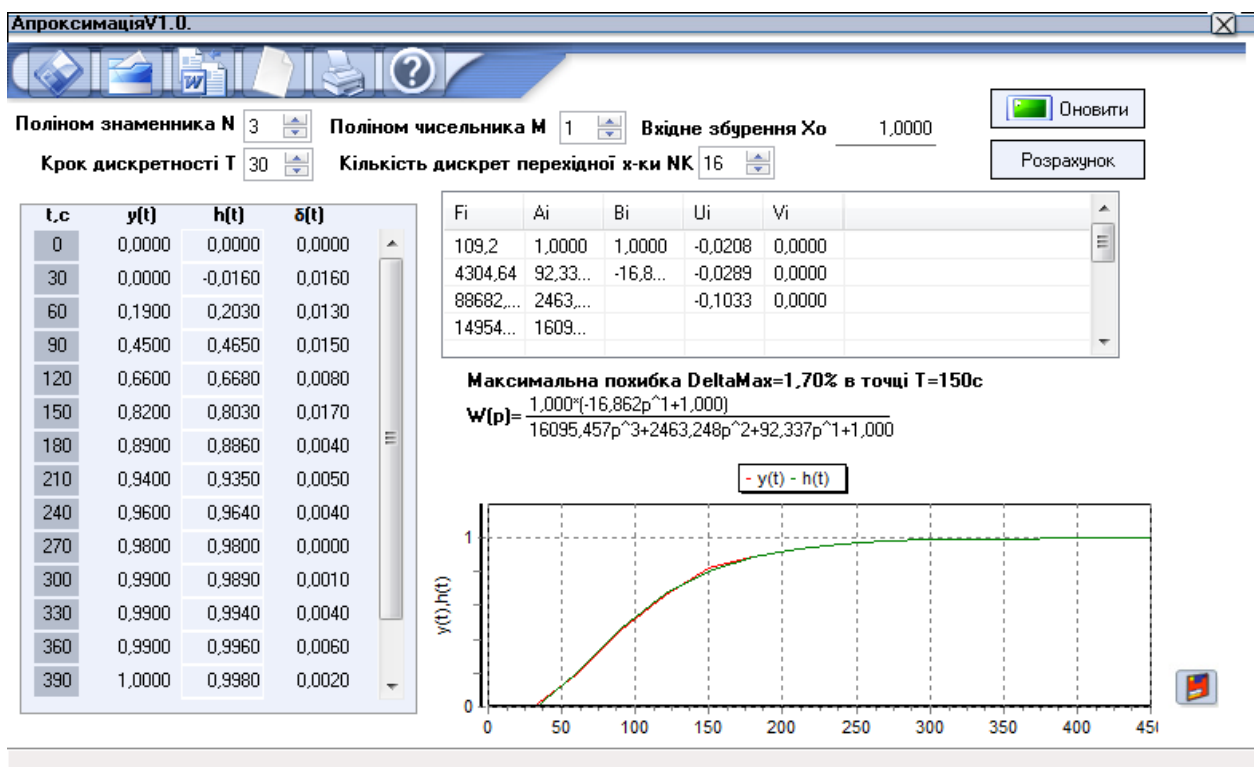
12. Когутяк М. І. Мікропроцесорні технічні засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб. Ч.1: Програмовані логічні контролери / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. – 236 с.

13. Когутяк М. І. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління [Текст]: лабораторний практикум / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ Факел, 2015. – 80 с.

					БР.АКП-21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А1



Додаток А2

Апроксимація V1.0
✖

Поліном знаменника N

Крок дискретності T

Поліном чисельника M

Кількість дискрет перехідної x-ки NK

Вхідне збурення Xo

t, c	y(t)	h(t)	δ(t)
0	0,0000	0,0000	0,0000
30	0,3800	0,3920	0,0120
60	0,6200	0,6300	0,0100
90	0,7700	0,7750	0,0050
120	0,8800	0,8630	0,0170
150	0,9300	0,9170	0,0130
180	0,9600	0,9490	0,0110
210	0,9700	0,9690	0,0010
240	0,9800	0,9810	0,0010
270	0,9900	0,9880	0,0020
300	0,9900	0,9930	0,0030
330	0,9900	0,9950	0,0050
360	1,0000	0,9970	0,0030
390	1,0000	0,9980	0,0020

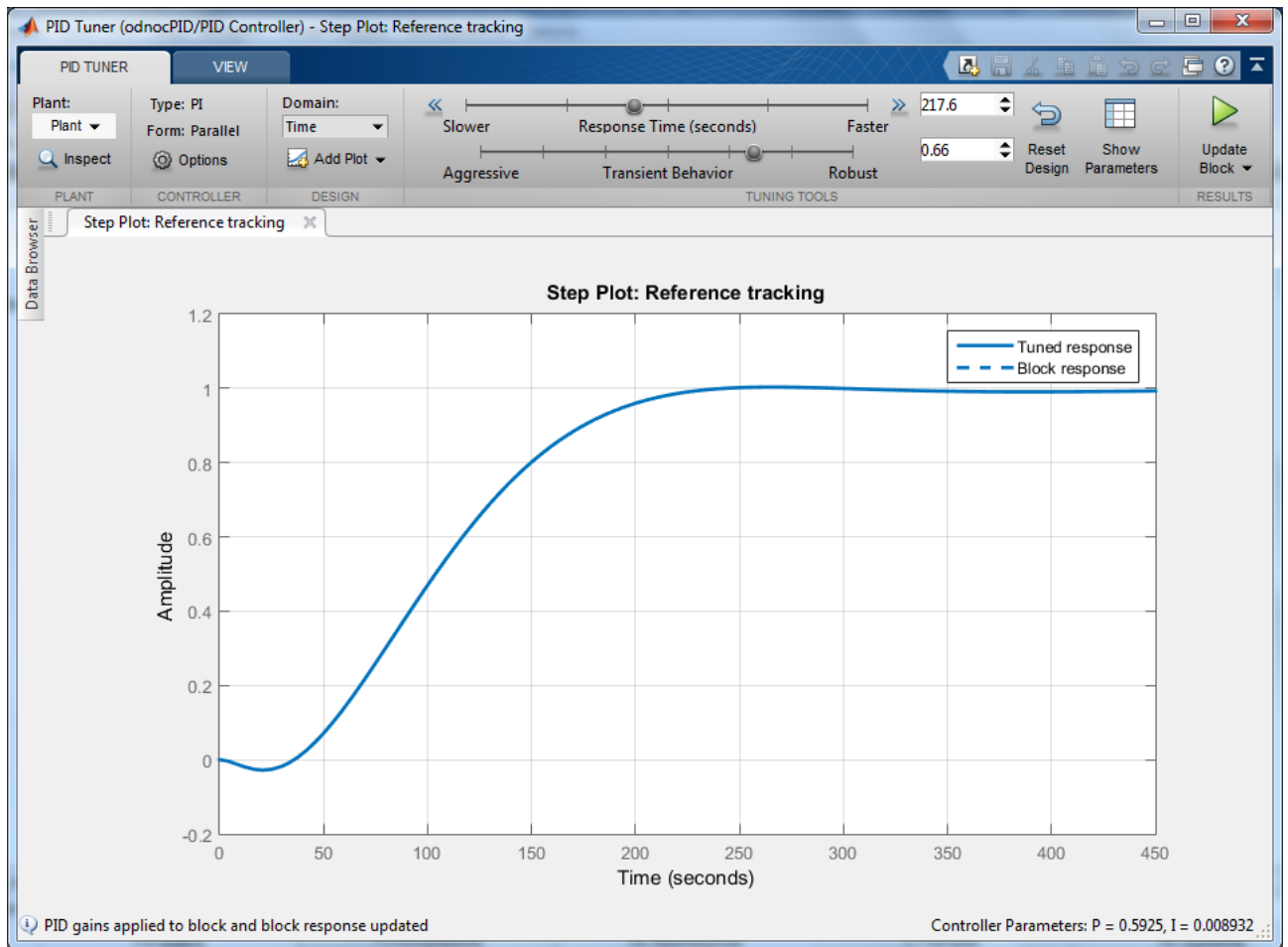
Fi	Ai	Bi	Ui	Vi
60,2	1,0000	1,0000	-0,0166	0,0000
60,20...				

Максимальна похибка DeltaMax=1,70% в точці T=120c

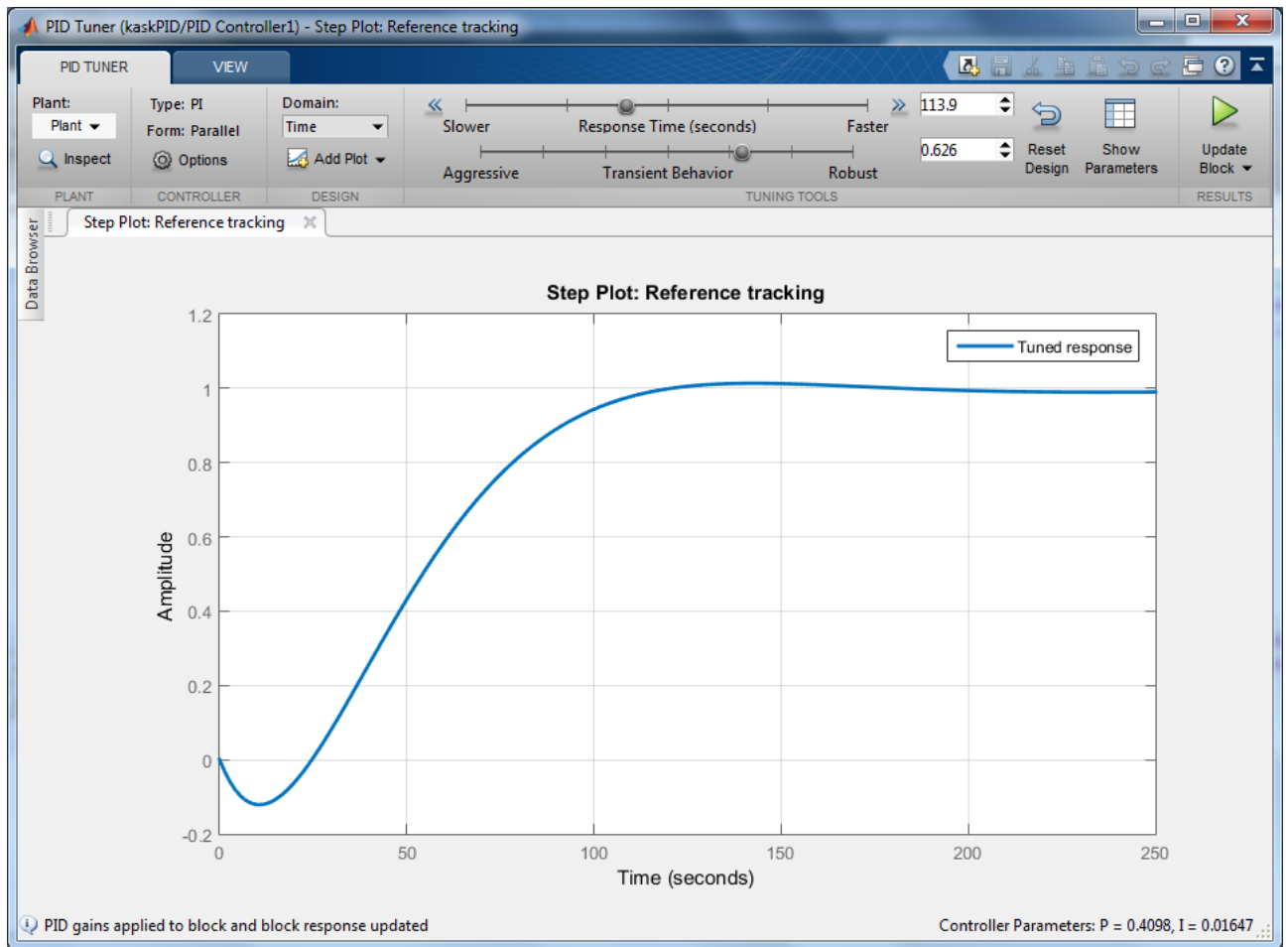
$W(p) = \frac{1}{60,200p^1 + 1,000}$

- y(t) - h(t)

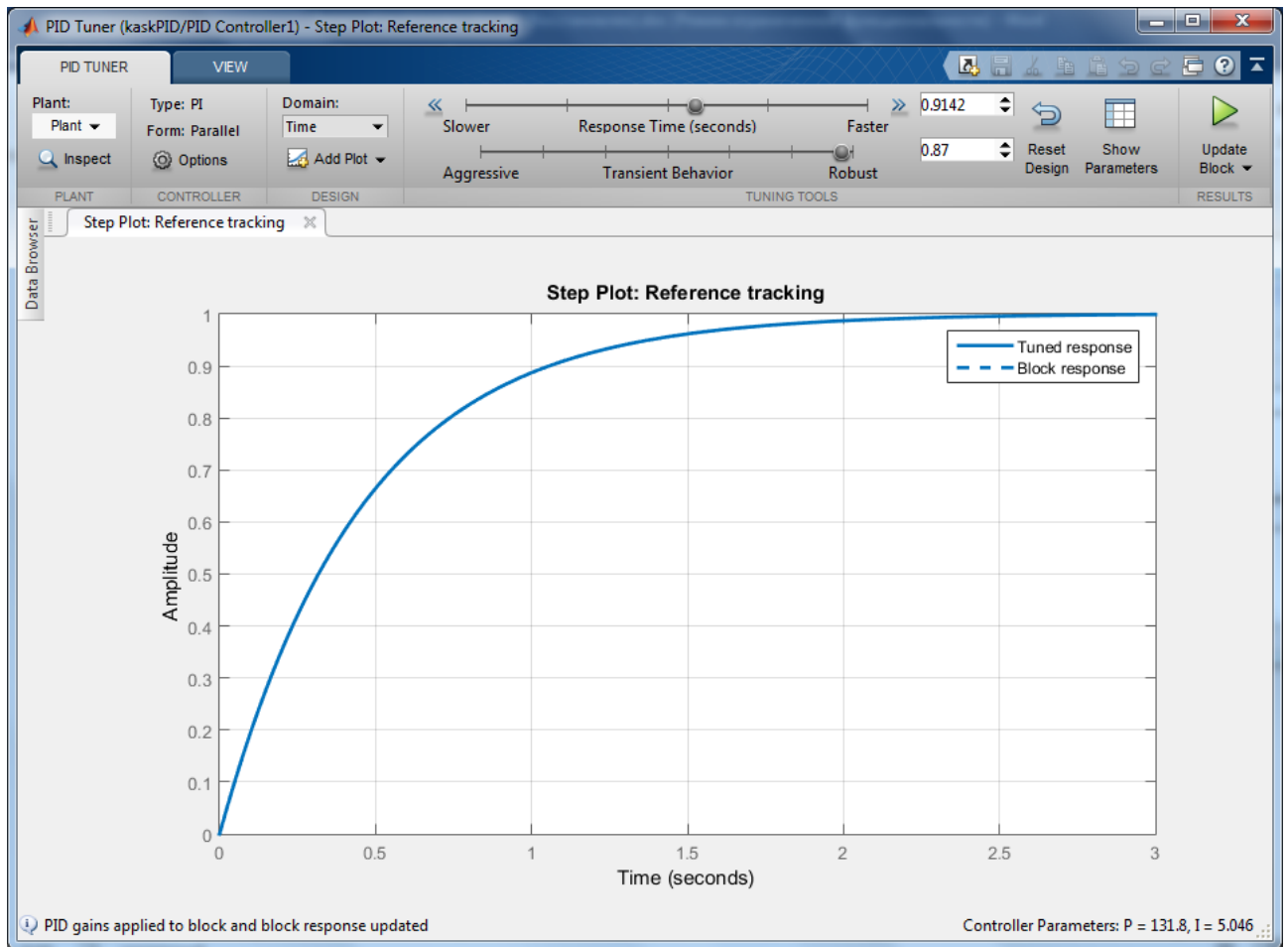
Додаток Б1



Додаток Б2



Додаток БЗ



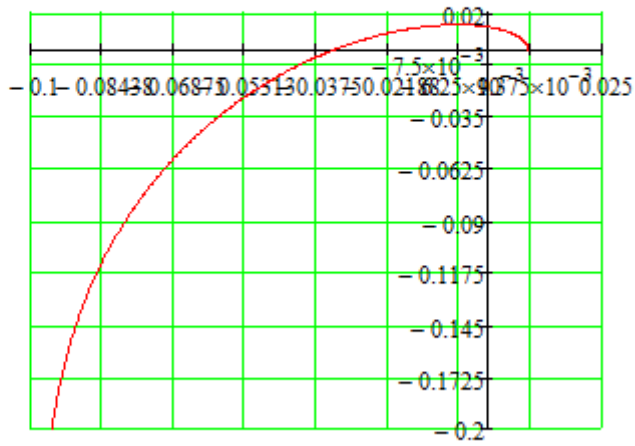
Додаток В1

$$P(w) := 16095.457w^4 - 82.346w^2 + 0.0089$$

$$Q(w) := -2463.248w^3 + 1.4425w$$

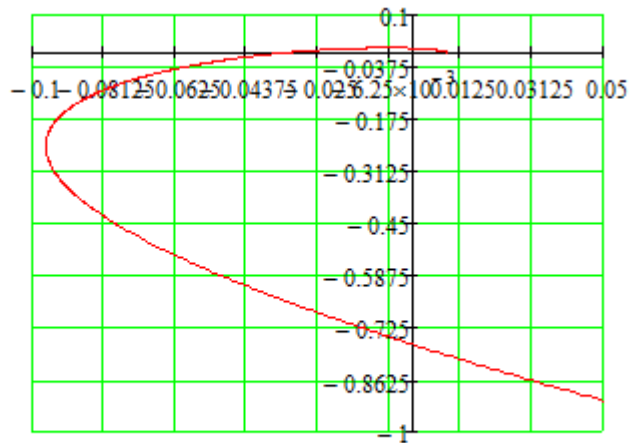
$$w := 0, 0.0001 \dots 30$$

Q(w)



$P(w)$

Q(w)



$P(w)$

Додаток В2

$$P(w) := -968946.5 \cdot w^6 + 359068.89 \cdot w^4 - 752.09 \cdot w^2 + 0.0833$$

$$Q(w) := 2285764.2w^5 - 22786.28 \cdot w^3 + 12.9 \cdot w$$

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

