

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ

Група АКПзд-23-2К

Руслан Божко

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

Божко Руслан Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 665.6.002.518:681.5

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу депарафінації

(назва роботи)

з використанням кристалізатора змішування

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва освітньої програми)

174 - «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(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

АКПЗд-23-2К

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

Р.В. Божко

(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 174 - «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ

«__» _____ 20__ року

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

Божко Руслан Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу депарафінізації з використанням кристалізатора змішування

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 депарафінізації із використанням кристалізатора змішування 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.АКПзд-27.00.00.001;

Лист 2 - Аналіз і синтез одноконтурної АСК - БР.АКПзд-27.00.00.002;

Лист 3 - Аналіз і синтез каскадної АСК - БР.АКПзд-27.00.00.003;

Лист 4 - Схема зовнішніх з'єднань - БР.АКПзд-27.00.00.004;

Лист 5 - Схема зовнішніх підключень - БР.АКПзд-27.00.00.005;

Лист 6 - Загальний вигляд щита - БР.АКПзд-27.00.00.006.

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 депарафінізації із використанням кристалізатора змішування 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)

Р.В. Божко _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

А.І. Лагойда _____
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить: 64 сторінки друкованого тексту, 17 рисунків, 7 таблиць, 9 переліків посилань на джерела і 3 додатки.

Тема: удосконалення системи автоматизації технологічного процесу депарафінізації з використанням кристалізатора змішування.

Об'єкт дослідження: зміна температури у збірнику.

Мета проекту: осучаснення системи автоматичного контролю та регулювання технологічного процесу депарафінізації методом використання сучасних технічних засобів автоматизації а також мікропроцесорної техніки.

Методи дослідження: здійснення експериментального моделювання системи автоматизованого управління.

Результати кваліфікаційної роботи: у бакалаврській роботі проведено детальний аналіз технологічного процесу депарафінізації розчином пропану. Виконано дослідження динамічних характеристик об'єкта автоматизації експериментальними методами. Розроблено одноконтурну та каскадну системи автоматичного регулювання. Виконано дослідження показників якості регулювання, обґрунтовується вибір технічних засобів системи керування, а також досліджено систему на стійкість.

Ключові слова: стійкість, колона, депарафінізація, контроль, налаштування, регулятор.

ABSTRACT

Bachelor's thesis contains: 64 pages of printed text, 17 figures, 7 tables, 9 lists of references to sources and 3 appendices.

Topic: improvement of the automation system of the dewaxing technological process using a mixing crystallizer.

Object of research: temperature change in the collection.

Project goal: modernization of the automatic control and regulation system of the dewaxing technological process using modern technical means of automation and microprocessor technology.

Research methods: implementation of experimental modeling of the automated control system.

Results of the qualification work: in the bachelor's thesis, a detailed analysis of the technological process of dewaxing with a propane solution was carried out. The dynamic characteristics of the automation object were studied using experimental methods. A single-loop and cascade automatic control system was developed. A study of the quality of regulation indicators was carried out, the choice of technical means of the control system was justified, and the system was also tested for stability.

Keywords: stability, column, dewaxing, control, settings, regulator.

ЗМІСТ

| | | |
|----------|--|-----------|
| | ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ..... | 8 |
| | ВСТУП..... | 9 |
| 1 | АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КРИСТАЛІЗАТОРА ЗМІШУВАННЯ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ..... | 10 |
| | 1.1 Призначення установки і суть процесу депарафінації..... | 10 |
| | 1.2 Характеристика сировини, реагентів і отриманої продукції..... | 11 |
| | 1.3 Аналіз технологічної схеми установки депарафінації..... | 12 |
| | 1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання..... | 15 |
| | 1.5 Вибір і обґрунтування параметрів контролю та регулювання..... | 16 |
| | Висновки до розділу..... | 18 |
| 2 | МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ..... | 19 |
| | 2.1 Вибір об'єкта керування..... | 19 |
| | 2.2 Основні показники якості і критерії оптимальності системи автоматизації..... | 20 |
| | 2.3 Експериментальне дослідження динаміки об'єкта керування..... | 20 |
| | 2.3.1 Підготовка а також планування експерименту..... | 21 |
| | 2.3.2 Обробка результатів експерименту..... | 21 |
| | Висновки до розділу..... | 30 |
| 3 | СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ..... | 31 |
| | 3.1 Розрахунок параметрів одноконтурної САК..... | 31 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|--------------|--------|------|--|---------------------|------|---------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу депарафінації з використанням кристалізатора змішування | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Розроб. | | Божко Р.В. | | | | | | |
| Перевір. | | Лагойда А.І. | | | | | 6 | 64 |
| Реценз. | | Когутяк М.І. | | | | АКПзд-23-2К ІФНТУНГ | | |
| Н. Контр. | | Лагойда Л.І. | | | | | | |
| Затверд. | | Лагойда А.І. | | | | | | |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.2 | Розрахунок параметрів каскадної САК..... | 32 |
| 3.3 | Дослідження на стійкість одноконтурної САК..... | 34 |
| 3.4 | Дослідження на стійкість каскадної САК..... | 35 |
| 3.5 | Оцінка якості керування за перехідними характеристиками..... | 35 |
| | Висновки до розділу..... | 37 |
| 4 | РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК..... | 39 |
| 4.1 | Загальні положення..... | 39 |
| 4.2 | Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації..... | 40 |
| 4.3 | Опис роботи автоматичної системи керування..... | 47 |
| 4.4 | Проектування щита сигналізації і управління..... | 50 |
| 4.5 | Проектування схеми зовнішніх з'єднань та схеми під'єднань..... | 51 |
| | Висновки до розділу..... | 54 |
| | ВИСНОВКИ..... | 55 |
| | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА..... | 56 |
| | ДОДАТКИ | |

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

РО - регулюючий орган.

САК - система автоматичного керування.

ОК - об'єкт керування.

ТП - технологічний процес.

ФСА - функціональна схема автоматизації.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Найдієвішим фактором підвищення виробництва а відповідно і покращення умов праці являється автоматизація технологічних процесів. Всі існуючі технологічні об'єкти в різній мірі оснащені засобами автоматизації.

Сучасними проектами найскладніших виробництв передбачається всебічна автоматизація усіх ділянок технологічного процесу.

Депарафінізація нафтопродуктів проводиться з метою видалення парафінових вуглеводневих речовин, що виділяються при низьких температурах, і отримання олив з низькою температурою застигання. Процеси депарафінізації відносяться до числа найбільш технічно складних процесів технології переробки нафти. Тому важливе значення має вибір найбільш сприятливих умов їх здійснення, оптимальних режимів процесу. Депарафінізацію проводять в різних розчинниках: у розчинах бензинової фракції, пропану, дихлоретану, кетонів, аміаку. В установках великої продуктивності більш доцільно використання у якості холодоагенту пропану.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КРИСТАЛІЗАТОРА ЗМІШУВАННЯ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

1.1 Призначення установки і суть процесу депарафінізації

Депарафінізація проводиться з метою зниження вмісту в нафтових фракціях вищих (починаючи з C_8) аліфатичних граничних вуглеводнів, переважно нормальної будови. При цьому досягається поліпшення експлуатаційних властивостей нафтопродуктів (пониження в'язкості і температури застигання). Промислове застосування отримали наступні методи депарафінізації: низькотемпературна кристалізація в селективних або вибіркових бінарних розчинниках, карбамідна і адсорбційна. Депарафінізація в'язких нафтопродуктів здійснюється в основному низькотемпературною кристалізацією в селективних розчинниках (ацетон, метилетилкетон, метилізобутилкетон, зріджений пропан), або бінарних розчинниках (суміш метилетилкетону або ацетону з толуолом або бензолом), погано розчиняються парафіни і добре - інші компоненти нафтової сировини. Тверді вуглеводні відокремлюються фільтруванням або центрифугуванням, розчинник з них видаляють відгонкою.

Церезини ($C_{36}-C_{55}$), парафіни ($C_{18}-C_{35}$) і рідкі парафіни (C_8-C_{24}), виділені при депарафінізації, широко використовують при виготовленні пластичних мастил, ізоляційних та пакувальних матеріалів, а також при синтезі жирних кислот і спиртів, присадок, пластифікаторів, біорозкладаючих детергентів, білково-вітамінних концентратів та ін.

Установка депарафінізації із використанням кристалізатора змішування призначена для отримання нафтових масел з низькою температурою застигання, але в цьому процесі кристалізація твердих вуглеводів проходить не в регенеративних кристалізаторах, як звичайно, а в кристалізаторі змішування. Кристалізатор змішування являє собою апарат колонного типу, поділений на чотири секції, куди подається розчинник; апарат обладнаний перемішувачем і відбивачами, котрі сприяють ефективнішому контакту сировини із розчинником. За цим новим

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

методом депарафінізації холодний розчинник вводиться в нагріту сировину (порціями). Таке порційне додавання сприяє появі великих кристалів твердих вуглеводнів, що в свою чергу підвищує швидкість поділу суспензії на змонтованих фільтрах а також знижує вміст олії у гачі. Можна відзначити, що швидкість охолодження сировини у кристалізаторах змішування у 2-2,5 рази вище швидкості в скребкових кристалізаторах.

Сировиною установки являються рафірати селективної очистки; цільовий продукт - депарафіноване масло, побічний продукт - петролатум. Вихід депарафінованого масла складає 56-80 % (мас.) від усієї сировини залежно від вмісту твердих вуглеводнів в переробляємій сировині.

Основні відділення установки: кристалізація, фільтрування, регенерація розчинника з розчину депарафінованого масла та розчинів гача і петролатуму. Технологічна схема установки (відділення кристалізації і фільтрування) представлена на рисунку 1.1.

1.2 Характеристика сировини, реагентів і отриманої продукції

Таблиця 1.1 - Матеріальний баланс депарафінізації остаточного рафінату пропаном

| Найменування | % (мас.) від сировини | Склад розчинів % (мас.) |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Взято | | |
| Сировини | 100 | — |
| Пропан | | |
| на розчинення | 175 | — |
| на промивку | 50 | — |
| на розрідження осаду | 75 | — |
| Всього | 400 | — |
| Отримано | | |
| Розчин депарафінованого масла | | |
| масло | 74-76 | 26 |

Продовження таблиці 1.1

| Найменування | % (мас.) від сировини | Склад розчинів % (мас.) |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| пропан | 211 | 74 |
| Разом | 285 | 100 |
| Розчин петролатума | | |
| петролатум | 26-24 | 22,5 |
| пропан | 89 | 77,5 |
| Разом | 115 | - |
| Всього | 400 | 100 |

Таблиця 1.2 - Характеристика сировини і отриманих продуктів

| Найменування | Рафінат | Депарафінове масло | Петролатум | Рафінат | Депарафінове масло | Петролатум |
|---|---------|--------------------|------------|---------|--------------------|------------|
| Густина при 20°C, кг/м ³ | 883 | 887 | - | 890 | 897 | - |
| В'язкість при 100°C, мм ² /с | 17,8 | 20,3 | - | 19,0 | 21,5 | - |
| Температура, °C | | | | | | |
| охладження | -31 | -21 | - | 45 | -18 | - |
| плавлення | - | - | 60,8 | - | - | 63,0 |

Температура кінцевого охолодження і фільтрування - 40 °C.

1.3 Аналіз технологічної схеми установки депарафінації

Сировина I подається насосом 20 в діафрагмовий змішувач 2, де змішується з зрідженим пропаном II, який поступає з збірника 1. Суміш підлягає термічній обробці в паровому нагрівачі 3 до 50-70 °C, а потім розчин III охолоджується водою в холодильнику 4 до 35-40 °C. Додатково розчин охолоджується холодним фільтратом VI в теплообміннику 5. Охолоджений розчин IV поступає в проміжну ємність 9, звідки насосом 21 подається в один з змінно діючих кристалізаторів 10 і

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | |

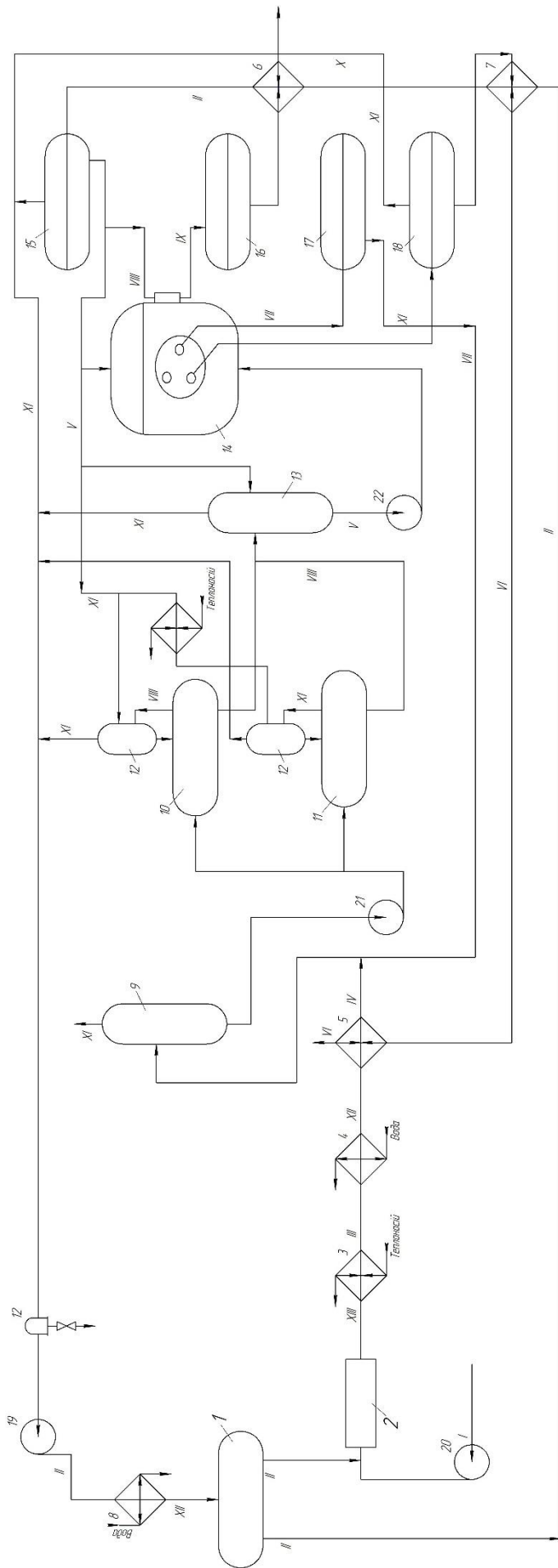
11, де за рахунок зменшення тиску проходить випаровування пропану VIII, яке подається в кристалізатор з збірника 15 через теплообмінник (на схемі не показано) безпосередньо в розчин, охолоджений до мінус 30 - мінус 45 °С.

В збірнику 15 пропан охолоджується в результаті випаровування його частини. Суспензія V збирається в приймачі 13 і далі насосом 22 подається в барабанні фільтри 14, які працюють під надлишковим тиском 25-30 кПа (0,25-0,50 кгс/см²). Розчин депарафінованого масла VI поступає в приймач 18, звідки, пройшовши теплообмінники 7 і 5, направляється в секцію регенерації розчинника. Розчин VII, який поступає з збірника 15, призначений для промивки осадку. Крім того, пропан додається до петролатуму для розрідження осадку, полегшення транспортування його шнеком і подачі в приймач 16, звідки через теплообмінник 6 розчин петролатуму поступає в регенераційну частину установки. Осад з барабану фільтра віддувається циркулюючим газоподібним пропаном, який подається газодувкою. Пари пропану XI, пройшовши бризговідділювач 12, відсмоктуються компресором 19, охолоджуються в холодильнику 8 і поступають в збірник рідкого пропану 1.

Основна маса пропану як і з розчину депарафінованого масла VI, так і з розчину петролатума X, відганяється під тиском 1,5-1,7 МПа в парових випаровувачах, аналогічних використаних на установках деасфальтизації масел. Залишки пропану видаляють в відпарних колонах, які працюють під тиском, що близький до атмосферного. З відпарної колони суміш парів пропану і води поступає в конденсатор змішування, а потім - бризговідділювач і на компресор.

Однією з основної необхідності для нафтопродуктів є їх рухомість при низьких температурах. Втрата рухомості палив і масел пояснюється здатністю твердих вуглеводів (парафінів) при зниженні температури кристалізуватись з розчинів нафтових фракцій. Для отримання нафтових масел з низькою температурою замерзання в технологію їх виробництва включений процес депарафінізації, мета якого - видалення твердих вуглеводів. Тверді вуглеводи є цінною сировиною для виробництва парафінів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



1 - збірник рідкого пропану; 2 - змішувач; 3 - паровий підігрівач; 4, 8 - холодильники; 5, 6, 7 - теплообмінники;
 9 - проміжна ємність для розчину; 10, 11 - пропанові кристалізатори; 12 - каплевідбійник; 13, 16 - приймачі
 суспензій петролатума; 14 - барабанний фільтр; 15 - ємність для охолодження пропану; 17 - приймач пропану від
 суспензій петролатума; 18 - приймач розчину масла; 19 - компресор; 20, 21, 22 - насоси

I - сировина; II - пропан; III - розчин; IV - охолоджений розчин; V - суспензія; VI - розчин депарафінового масла;

VII - розчин від промивки осаду; VIII - випарний пропан; X - розчин петролатуму; XI - пари пропану

Рисунок 1.1 - Технологічна схема установки депарафінації з використанням кристалізатора змішування

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

Цей процес заснований на різній розчинності твердих і рідких вуглеводів в деяких розчинниках при низькій температурі і може використовуватись для масляної сировини будь-якого фракційного складу.

При депарафінації в розчині зниженого пропану існує два варіанти охолодження розчину: з холодоагентом, переважно використовується в останній стадії охолодження - аміаком і за рахунок випаровування з розчину самого пропану, який здійснюється в вертикальних чи горизонтальних апаратах, діючих перемінно. Швидкість охолодження розчинів в них регулюється швидкістю пониження тиску. Відповідно, в даних апаратах випаровування пропану залежить від відсмоктування його парів, для чого на установках цього типу передбачені компресори. Необхідну кратність пропану до сировини підтримують, неперервно додаючи пропан по мірі його випаровування чи додаючи охолоджений пропан в кінцевій стадії охолодження.

Основною перевагою цього процесу є простота і економічність, так як пропан одночасно є і розчином, і холодоагентом. Крім цього, пари пропану використовують і для віддувки осаду на фільтрі. Це дозволяє вилучити з схеми лінію інертного газу.

При депарафінації пропаном внаслідок малої в'язкості розчину при низьких температурах швидкість охолодження значно вища, ніж при використанні кетонів. В процесі охолодження, особливо кінцевої сировини, спільна кристалізація твердих вуглеводів і смолистих речовин приводить до утворення крупних дендритних кристалів, що забезпечує високу швидкість фільтрування - до 600-1000 кг/(м²·год) за сировиною з розрахунку на повну поверхню фільтра.

1.4 Технічна характеристика технологічного обладнання

С – сепаратор, який має скрубєрний тип та призначений для розділення наявної газо-рідинної суміші. Він являється вертикальним циліндричним апаратом, який має висоту 3,0 – 5,0 м та діаметр в межах від 0,5 до 1 м, у середині котрого розташовані секції жалюзів, призначений для відділення газів.

5, 7 – теплообмінники, які мають тип “труба у трубі”. Призначаються такі теплообмінники для підігріву наявної сировини, котра подається по міжтрубному

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

просторі. Поверхня теплообміну являється рівною 50 - 80 м².

Ємність 15 - призначена для змішування відбілювача і води з метою отримання пасти, перемішування здійснюють з допомогою мішалки.

Збірник 1 - діаметром 2, а висота 6 м.

Компресор 19 - його максимальна витрата 300л/с. В даному апараті компресор є основою для випаровування пропану.

Барабанний фільтр 14 - в ньому для віддувки осаду на фільтрі використовують пари пропану.

Пропанові кристалізатори 10, 11 - використовують в процесі охолодження. Кристалізація твердих вуглеводнів і смолистих речовин приводить до утворення дендритних кристалів. Швидкість фільтрування 600-1000 кг/(м²·год).

Змішувач 2 – вертикальний циліндричний апарат, в якому змішуються пропани до відповідної концентрації.

Каплевідбійником 12-відбувається вловлення і відбиття речовини.

1.5 Вибір і обґрунтування параметрів контролю та регулювання

На даній установці депарафінізації розчином пропану контролю і регулюванню підлягають багато параметрів, основні з них наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Параметри контролю а також регулювання

| Позначення на ФСА | Технологічний параметр | Величина параметру | Діапазон зміни параметру |
|-------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1-а | Температура розчину сировини | 350°C | 335-370°C |
| 2-а | Температура р-ну промивки осаду | 290°C | 260-315°C |
| 3-а | Температура р-ну (охолодженого) | 215°C | 260-290°C |
| 4-а | Тиск після насосу 20 | 1,5 МПа | 2,0-3,0МПа |

Продовження таблиці 1.3

| Позиція на ФСА | Параметр | Значення параметру | Діапазон зміни |
|----------------|----------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| 5-а | Тиск після насосу 21 | 1,5 МПа | 1,0-2,0 МПа |
| 6-а | Тиск після насосу 22 | 1,5 МПа | 1,0-2,0 МПа |
| 7-а | Тиск після насосу 19 | 1,5 МПа | 1,0-2,0 МПа |
| 8-а, 9-а | Тиск в кристалізаторі | 2,0 МПа | 1,5-3 МПа |
| 10-а | Тиск в барабанному фільтрі | 2,0 МПа | 1,0-2,0 МПа |
| 11-а | Витрата сировини | 75 м ³ /год | 60-90 м ³ /год |
| 12-а | Витрата пропану | 25 м ³ /год | 30-20 м ³ /год |
| 13-а | Витрата р-ну петролатума | 40 м ³ /год | 45,0 - 35,0 м ³ /год |
| 14-а | Рівень у збірнику | 3 м | 1,8-3,2 |
| 15-а | Рівень у ємності для охолодження | 5 м | 4,7-5,1 |
| 16-а | Рівень у приймачі суспензії | 5 м | 4,7-5,1 |
| 17-а | Рівень у приймачі пропану | 5 м | 4,7-5,1 |
| 18-а | Рівень у приймачі розчину | 4 м | 4,7-5,1 |

Висновки до розділу

Здійснено аналіз технологічного процесу депарафінації пропаном, як об'єкта автоматичного контролю та керування. Наведено характеристику сировини а також готового продукту, цілісний аналіз установки депарафінації пропаном, а також норми технологічного регламенту, характеристики задіяних технологічних апаратів, наявних комунікацій а також допоміжного обладнання а також агрегатів. Виконано аналіз впливу технологічних параметрів на процес депарафінації.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1 Вибір об'єкта керування

Депарафінізація нафтопродуктів проводиться з метою видалення парафінових вуглеводневих речовин, що виділяються при низьких температурах, і отримання олив з низькою температурою застигання. Головною задачею АСК для досліджуваного об'єкта являтиметься підтримання потрібної температури в збірнику. Температуру доцільно регулювати подачею теплоносія. Основні параметри, які впливають на тепловий баланс реактора подані на рисунку 2.1.

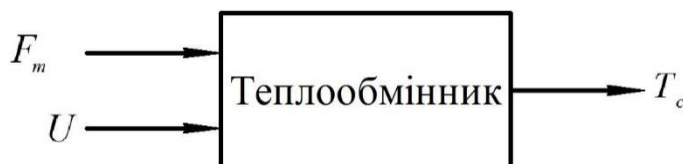


Рисунок 2.1 - Модель вхід-вихід збірника

Усі параметри, котрі в тій чи іншій мірі впливають на технологічний процес можна у загальному розділити на три такі групи: керуючі параметри, регульовані величини а також некеровані збурення. Головними керуючими параметрами являються витрата теплоносія F_m а також положення регулюючого органу U . Головним регульованим параметром являється температура сировини T_c . На даний об'єкт діє низка збурюючих чинників z .

Складовими елементами у розроблюваній системі являються:

- давачі витрати;
- давачі температури;
- виконавчі механізми;
- регулятори.

В процесі виконання експерименту виберемо прилади, котрі мають високий класом точності, а також швидкодію і надійність.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

2.2 Основні показники якості і критерії оптимальності системи автоматизації

Базовою задачею системи автоматизації являється підтримання температури розчину сировини для нормального протікання процесу депарафінізації. Дане регулювання проводиться витратою теплоносія, який подається в випарник.

З метою оцінювання процесу автоматичного регулювання температури а також підтримання технологічних параметрів у певних заданих межах встановимо такі показники якості системи автоматичного регулювання:

- перерегулювання $\leq 20,0 \%$;
- похибка апроксимації $\leq 2,50 \%$;
- відхилення керованої величини $\leq 5\%$.

2.3 Експериментальне дослідження динаміки керованого об'єкта

Оскільки виконати математичний опис динаміки об'єкта досить складно, та вимагає суттєвих затрат часу, тому являється доцільним визначення динамічних властивостей об'єкта експериментальним методом, за допомогою постановки активного експерименту. З цією метою використаємо метод аперіодичних вхідних впливів який має вигляд “стрибка” в результаті чого отримаємо перехідну характеристику.

Вибраний метод оснований на деякому припущенні, що технологічний об'єкт, який досліджується являється лінійним за досить малих змін досліджуваної вхідної змінної, а відповідно його динамічні властивості абсолютно не змінюються в часі. Вихідна змінна в цей час абсолютно не залежить від деяких просторових координат об'єкта керування. Щоб застосувати вибраний метод, потрібно, щоб усі випадкові процеси являлися стаціонарними а також ергодичними.

Усі методи експериментального визначення динамічних характеристик включають у себе такі три етапи: підготовку а також планування експерименту; проведення експерименту; обробку експериментально отриманих даних.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.3.1 Підготовка а також планування експерименту

Даний етап починається із загального вивчення досліджуваного об'єкта.

В нашому випадку вхідним параметром являтиметься значення відсотку відкриття регулюючого органу (РО), а очевидно вихідним сигналом буде сигнал із вторинного приладу, котрий поступатиме на вхід регулятора.

Досліджуючи замкнуту систему регулювання вихідний вплив знаходимо у процесі перемиканням задавача, та фіксуючи в цей же час зміну вихідної величини яка являється сигналом вимірювального перетворювача.

Важливою в процесі проведення експерименту із аперіодичними впливами являється відсутність будь яких збурюючих впливів. З урахуванням цього необхідно ґрунтовно вивчити та по можливості усунути усі виявлені джерела збурень.

У процесі плануванні експерименту вибирають вигляд досліджуваного впливу, його необхідну амплітуду та певне початкове значення вихідної змінної.

На практиці амплітуда вхідного впливу вибирається у деякому інтервалі $(0,1-0,15) \Delta X_{\text{вхmax}}$. У випадку нанесення збурення переміщенням РО, за $\Delta X_{\text{вхmax}}$ приймаємо стовідсоткове переміщення РО.

Процес експериментального дослідження починають із задання на об'єкті певного виробничого режиму, котрий характеризуватиметься деякою постійністю вихідної змінної. Оскільки досліджуваний процес являється інерційним то режим роботи за змінної $X_{\text{вих0}}$ витримуватимемо від 2,0 до 2,5 хв.

Витримавши встановлений час наносимо збурення методом відкриття регулюючого органу на 10-15% та у цей час виконуємо реєстрацію зміни вихідної величини. Закінчення перехідного процесу визначимо за поточним значенням вихідної змінної. Вважатимемо, що процес експериментального дослідження закінчений, тоді коли вихідна величина, з певного моменту часу залишатиметься фактично незмінною.

2.3.2 Обробка результатів експерименту

В таблицях 2.1 та 2.2 представлено отримані експериментальним шляхом результати за основним а також допоміжним каналами автоматичного регулювання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 2.1 - Результати експерименту по основному каналу

| t , с | %, ВХ | T_c , °С |
|---------|-------|------------|
| 0 | 10 | 340 |
| 30 | 10 | 340 |
| 60 | 10 | 342,912 |
| 90 | 10 | 347,784 |
| 120 | 10 | 352,068 |
| 150 | 10 | 355,68 |
| 180 | 10 | 358,2 |
| 210 | 10 | 361,196 |
| 240 | 10 | 362,232 |
| 270 | 10 | 364,08 |
| 300 | 10 | 365,06 |
| 330 | 10 | 365,984 |
| 360 | 10 | 366,068 |
| 390 | 10 | 366,992 |
| 420 | 10 | 367,02 |
| 450 | 10 | 367,048 |
| 480 | 10 | 367,944 |
| 510 | 10 | 367,944 |
| 540 | 10 | 367,972 |
| 570 | 10 | 367,972 |
| 600 | 10 | 367,972 |
| 630 | 10 | 368 |
| 660 | 10 | 368 |
| 690 | 10 | 368 |
| 720 | 10 | 368 |
| 750 | 10 | 368 |

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

БР.АКПЗд-27.00.00.000 ПЗ

Арк.

22

Таблиця 2.2 - Результати експерименту по допоміжному каналу

| t, c | %, вх | $F_T, m^3/год$ |
|--------|-------|----------------|
| 0 | 10 | 17 |
| 10 | 10 | 17,8 |
| 20 | 10 | 19 |
| 30 | 10 | 20,236 |
| 40 | 10 | 21,44 |
| 50 | 10 | 22,272 |
| 60 | 10 | 23,036 |
| 70 | 10 | 23,436 |
| 80 | 10 | 24,12 |
| 90 | 10 | 24,212 |
| 100 | 10 | 24,608 |
| 110 | 10 | 24,62 |
| 120 | 10 | 24,62 |
| 130 | 10 | 24,712 |
| 140 | 10 | 25 |
| 150 | 10 | 25 |
| 160 | 10 | 25 |
| 170 | 10 | 25 |
| 180 | 10 | 25 |
| 190 | 10 | 25 |
| 200 | 10 | 25 |
| 210 | 10 | 25 |
| 220 | 10 | 25 |
| 230 | 10 | 25 |
| 240 | 10 | 25 |
| 250 | 10 | 25 |

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

Згідно таблиць 2.1 та 2.2 проведемо побудову експериментальних перехідних характеристик за досліджуваним основним та допоміжним каналами автоматичного регулювання (рисунок 2.3, 2.4).

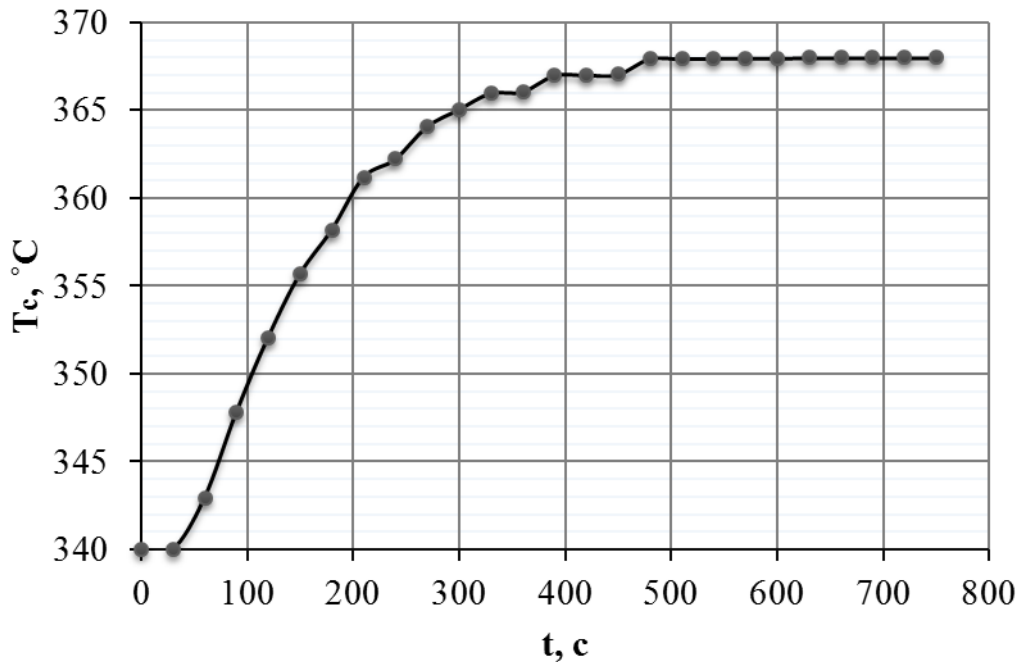


Рисунок 2.3 - Експериментальна перехідна характеристика по основному каналу

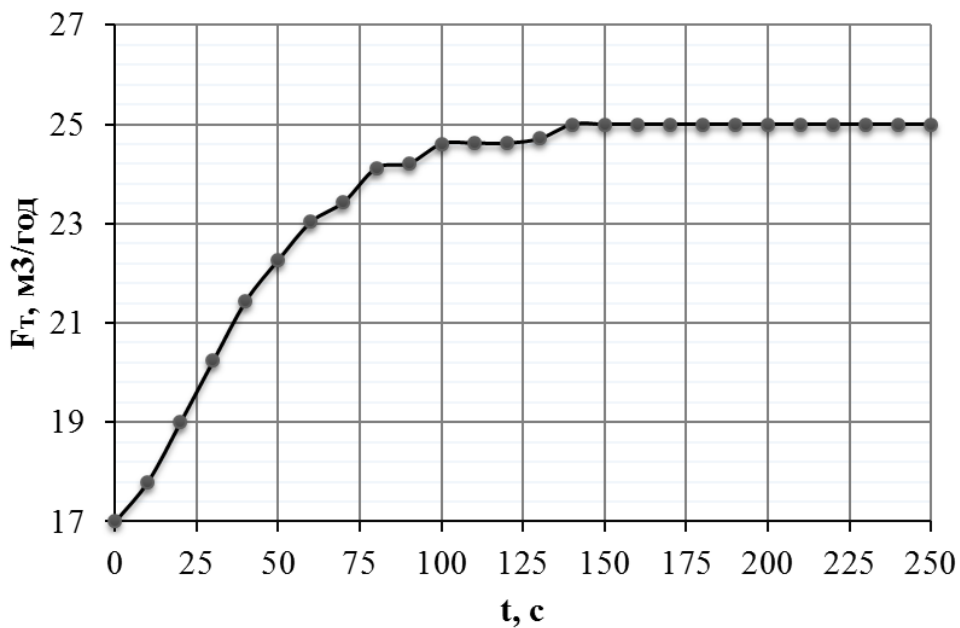


Рисунок 2.4 - Експериментальна перехідна характеристика по допоміжному каналу

Щоб виконати аналіз отриманих експериментальних даних приведемо характеристики до безрозмірного вигляду:

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

де X_{exi} , Y_{vixi} - поточні значення вхідної та відповідно вихідної величин у експериментально отриманих одиницях;

X_{ex0} , Y_{vix0} - значення вхідних а також вихідних величин у розмірних одиницях до деякого моменту нанесення збурення на об'єкт керування;

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

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

Виконаємо розрахунок для основного каналу регулювання:

$$x_{ex} = 1;$$

$$y_{vix0} = \frac{340 - 340}{368 - 340} = 0;$$

$$y_{vix1} = \frac{340 - 340}{368 - 340} = 0;$$

$$y_{vix2} = \frac{342,912 - 340}{368 - 340} = 0,104;$$

$$y_{vix3} = \frac{347,784 - 340}{368 - 340} = 0,278;$$

$$y_{vix4} = \frac{352,068 - 340}{368 - 340} = 0,431;$$

$$y_{vix5} = \frac{355,68 - 340}{368 - 340} = 0,56;$$

$$y_{vix6} = \frac{358,2 - 340}{368 - 340} = 0,65;$$

$$y_{vix7} = \frac{361,196 - 340}{368 - 340} = 0,757;$$

$$y_{vix8} = \frac{362,232 - 340}{368 - 340} = 0,794;$$

$$y_{vix9} = \frac{364,08 - 340}{368 - 340} = 0,86;$$

$$y_{vix10} = \frac{365,06 - 340}{368 - 340} = 0,895;$$

$$y_{vix11} = \frac{365,984 - 340}{368 - 340} = 0,928;$$

$$y_{vix12} = \frac{366,068 - 340}{368 - 340} = 0,931;$$

$$y_{vix13} = \frac{366,992 - 340}{368 - 340} = 0,964;$$

$$y_{vix14} = \frac{367,02 - 340}{368 - 340} = 0,965;$$

$$y_{vix15} = \frac{367,048 - 340}{368 - 340} = 0,966;$$

$$y_{vix16} = \frac{367,944 - 340}{368 - 340} = 0,998;$$

$$y_{vix17} = \frac{367,944 - 340}{368 - 340} = 0,998;$$

$$y_{vix18} = \frac{367,972 - 340}{368 - 340} = 0,999;$$

$$y_{vix19} = \frac{367,972 - 340}{368 - 340} = 0,999;$$

$$y_{vix20} = \frac{367,972 - 340}{368 - 340} = 0,999;$$

$$y_{vix21} = \frac{368 - 340}{368 - 340} = 1;$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БР.АКПЗд-27.00.00.000 ПЗ | | | | |

$$y_{вих22} = \frac{368 - 340}{368 - 340} = 1;$$

$$y_{вих23} = \frac{368 - 340}{368 - 340} = 1;$$

$$y_{вих24} = \frac{368 - 340}{368 - 340} = 1;$$

$$y_{вих25} = \frac{368 - 340}{368 - 340} = 1.$$

Згрупуємо отримані вище результати у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Згруповані дані за основним каналом регулювання в безрозмірних одиницях

| <i>t, c</i> | <i>x_{вх}</i> | <i>y_{вих}</i> |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| 0 | 1 | 0,0 |
| 30 | 1 | 0,0 |
| 60 | 1 | 0,104 |
| 90 | 1 | 0,278 |
| 120 | 1 | 0,431 |
| 150 | 1 | 0,56 |
| 180 | 1 | 0,65 |
| 210 | 1 | 0,757 |
| 240 | 1 | 0,794 |
| 270 | 1 | 0,86 |
| 300 | 1 | 0,895 |
| 330 | 1 | 0,928 |
| 360 | 1 | 0,931 |
| 390 | 1 | 0,964 |
| 420 | 1 | 0,965 |
| 450 | 1 | 0,966 |
| 480 | 1 | 0,998 |
| 510 | 1 | 0,998 |
| 540 | 1 | 0,999 |
| 570 | 1 | 0,999 |
| 600 | 1 | 0,999 |

| t, c | x_{ex} | $y_{вих}$ |
|--------|----------|-----------|
| 630 | 1 | 1 |
| 660 | 1 | 1 |
| 690 | 1 | 1 |
| 720 | 1 | 1 |
| 750 | 1 | 1 |

На основі даних згрупованих у таблиці 2.3 здійснимо побудову експериментально отриманої перехідної характеристики в безрозмірних одиницях на рисунку 2.5.

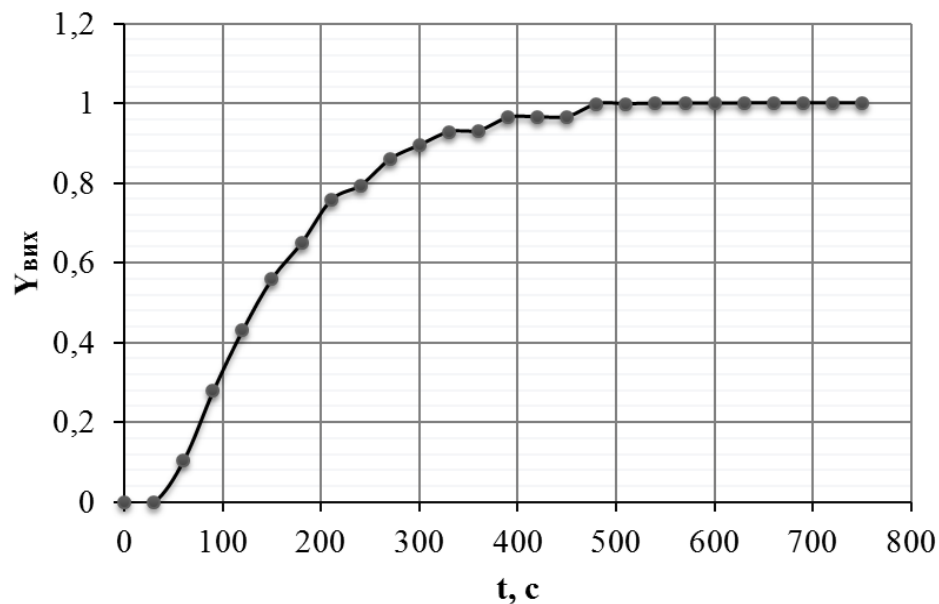


Рисунок 2.5 – Безрозмірна експериментально отримана перехідна характеристика основного каналу регулювання

Проведемо апроксимацію за допомогою програмного продукту Апрох та отримаємо передавальну функцію, яка матиме такий вигляд:

$$W(p) = \frac{-12,3740p + 1,0}{5994,3110p^2 + 149,9050p + 1,0} \quad (2.2)$$

Найбільша похибка апроксимації рівна 2,2% у точці $t = 60$ с (додаток А1).

Процес апроксимації для кривої за допоміжним каналом є аналогічний процесу за основним каналом регулювання.

Виконаємо такий розрахунок:

$$x_{\text{вх}} = 1;$$

$$y_{\text{вих}0} = \frac{17-17}{25-17} = 0;$$

$$y_{\text{вих}2} = \frac{19-17}{25-17} = 0,25;$$

$$y_{\text{вих}4} = \frac{21,44-17}{25-17} = 0,555;$$

$$y_{\text{вих}6} = \frac{23,036-17}{25-17} = 0,7545;$$

$$y_{\text{вих}8} = \frac{24,12-17}{25-17} = 0,89;$$

$$y_{\text{вих}10} = \frac{24,608-17}{25-17} = 0,951;$$

$$y_{\text{вих}12} = \frac{24,62-17}{25-17} = 0,9525;$$

$$y_{\text{вих}14} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}16} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}18} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}20} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}22} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}24} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}1} = \frac{17,8-17}{25-17} = 0,1;$$

$$y_{\text{вих}3} = \frac{20,236-17}{25-17} = 0,4045;$$

$$y_{\text{вих}5} = \frac{22,272-17}{25-17} = 0,659;$$

$$y_{\text{вих}7} = \frac{23,436-17}{25-17} = 0,8045;$$

$$y_{\text{вих}9} = \frac{24,212-17}{25-17} = 0,9015;$$

$$y_{\text{вих}11} = \frac{24,62-17}{25-17} = 0,9525;$$

$$y_{\text{вих}13} = \frac{24,712-17}{25-17} = 0,964;$$

$$y_{\text{вих}15} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}17} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}19} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}21} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}23} = \frac{25-17}{25-17} = 1;$$

$$y_{\text{вих}25} = \frac{25-17}{25-17} = 1.$$

Згрупуємо отримані вище результати у таблиці 2.4.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БР.АКПзД-27.00.00.000 ПЗ | | | | |

Таблиця 2.4 - Згруповані дані за допоміжним каналом регулювання у безрозмірних одиницях

| t, c | x_{ex} | $y_{вих}$ |
|--------|----------|-----------|
| 0 | 1 | 0 |
| 10 | 1 | 0,1 |
| 20 | 1 | 0,25 |
| 30 | 1 | 0,4045 |
| 40 | 1 | 0,555 |
| 50 | 1 | 0,659 |
| 60 | 1 | 0,7545 |
| 70 | 1 | 0,8045 |
| 80 | 1 | 0,89 |
| 90 | 1 | 0,9015 |
| 100 | 1 | 0,951 |
| 110 | 1 | 0,9525 |
| 120 | 1 | 0,9525 |
| 130 | 1 | 0,964 |
| 140 | 1 | 1 |
| 150 | 1 | 1 |
| 160 | 1 | 1 |
| 170 | 1 | 1 |
| 180 | 1 | 1 |
| 190 | 1 | 1 |
| 200 | 1 | 1 |
| 210 | 1 | 1 |
| 220 | 1 | 1 |
| 230 | 1 | 1 |
| 240 | 1 | 1 |
| 250 | 1 | 1 |

На основі даних згрупованих у таблиці 2.4 здійснимо побудову експериментальної перехідної характеристики у безрозмірних одиницях (рис. 2.6).

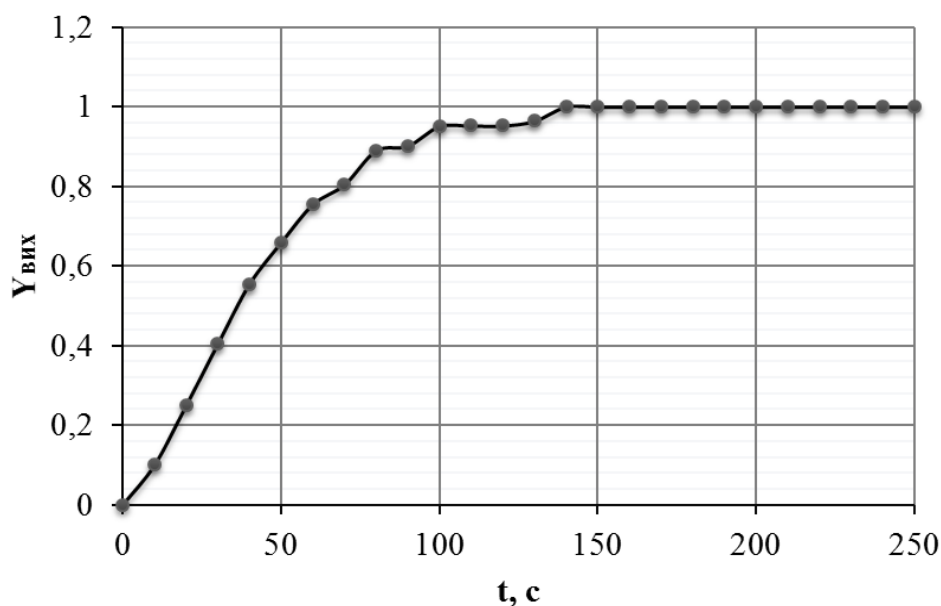


Рисунок 2.5 - Безрозмірна експериментально отримана перехідна характеристика допоміжного каналу регулювання

Проведемо апроксимацію за допомогою програмного продукту Argox. Отже отримана передавальна функція матиме такий вигляд:

$$W(p) = \frac{4,676p + 1}{661,872p^2 + 48,509p + 1} \quad (2.3)$$

Найбільша похибка апроксимації рівна 2,2% у точці $t = 80$ с (додаток А2).

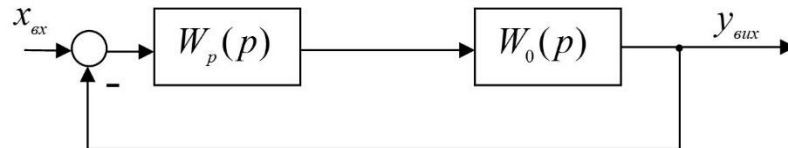
Висновки до розділу

Виконано вибір а також обґрунтування об'єкта керування, а також визначено структурну схему такого об'єкта з точки зору автоматизації. Виконано апроксимацію даних експериментальних досліджень, котрі отримані як результат активного експерименту. На основі експериментальних даних проведено визначення передавальної функцію об'єкта керування за допоміжним а також основним каналом автоматичного регулювання.

3 СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1 Розрахунок параметрів одноконтурної САК

У досить загальному вигляді функціональна структура одноконтурної САК представлена на рисунку 3.1.



$W_p(p)$ - функція регулятора; $W(p)$ - функція об'єкта

Рисунок 3.1 - Функціональна структура одноконтурної САК

Як ми бачимо з попередніх досліджень досліджуваний об'єкт являється об'єктом, який має з самовирівнюванням та відповідно працює за умови повного навантаження. Спираючись на деякі попередні дослідження можемо припустити, що ефективним являтиметься ПІ закон автоматичного регулювання функція передачі якого у загальному має такий вигляд:

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

Визначимо параметри регулятора C_0 і C_1 та відповідно знайдемо передавальну функцію замкненої системи.

Розімкнена система має такий вигляд:

$$W_{роз}(p) = \frac{-12,374p + 1}{5994,311p^2 + 149,905p + 1} \cdot W_p(p); \quad (3.2)$$
$$W_{роз}(p) = \frac{-12,374p + 1}{5994,311p^2 + 149,905p + 1} \cdot \frac{C_1 p + C_0}{p} =$$
$$= \frac{(-12,374p + 1)(C_1 p + C_0)}{5994,311p^3 + 149,905p^2 + p}.$$

Замкнена система у загальному має такий вигляд:

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$W_{зам}(p) = \frac{(-12,374p + 1)(C_1p + C_0)}{5994,311p^3 + 149,905p^2 + p} = \frac{(-12,374p + 1)(C_1p + C_0)}{1 + \frac{(-12,374p + 1)(C_1p + C_0)}{5994,311p^3 + 149,905p^2 + p}} = \frac{(-12,374p + 1)(C_1p + C_0)}{5994,311p^3 + 149,905p^2 + p + (-12,374p + 1)(C_1p + C_0)}$$

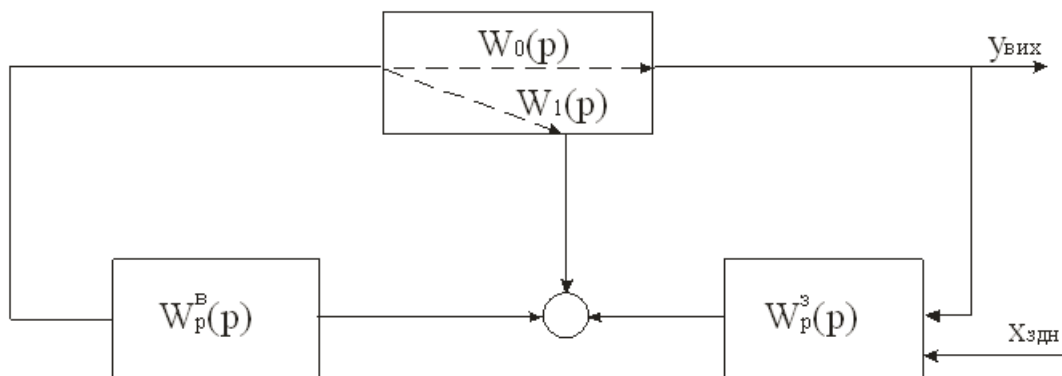
Пошук оптимальних параметрів налаштування регуляторів проводитимемо за допомогою підпрограми Tune програмного продукту MatLAB. Отож згідно з додатком Б1 отримаємо: $K_p = C_1 = 0.5623$, $K_i = C_0 = 0.005564$.

Тоді:

$$W_{зам}(p) = \frac{-6.9579p^2 + 0.4934p + 0.005564}{5994.311p^3 + 142.947p^2 + 1.4934p + 0.005564}$$

3.2 Розрахунок параметрів каскадної САК

Для того, щоб реалізувати каскадну САК, структура якої представлена на рисунку 3.2, необхідно до основного контуру автоматичного регулювання додати допоміжний контур, який являвся б малоінерційним. У нашому випадку таким являється контур регулювання температури в зоні спікання.



$W_0(p)$ - функція основного каналу; $W_1(p)$ - функція допоміжного каналу;
 $W_p^3(p)$ - функція зовнішнього регулятора; $W_p^6(p)$ - функція внутрішнього регулятора

Рисунок 3.2 - Функціональна структура каскадної САК

Почнемо розрахунок каскадної САК із основного регулятора. У загальному передавальна функція для такого об'єкта має такий вигляд:

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

де $W_0(p)$ - функція основного каналу автоматичного регулювання:

$$W_0(p) = \frac{-12,3740p + 1,0}{5994,3110p^2 + 149,9050p + 1,0}.$$

$W_1(p)$ - функція допоміжного каналу автоматичного регулювання:

$$W_1(p) = \frac{4,6760p + 1,0}{661,8720p^2 + 48,5090p + 1,0}.$$

Здійснимо припущення, що робоча частота для основного контуру автоматичного керування W_p' є принципово меншою, за поточну робочу частоту для допоміжного контуру автоматичного керування W_p'' . У випадку коли $W = W_p'$ справедливою являтиметься наступна нерівність:

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

Отже можемо записати, що $W_e' = \frac{W_0(p)}{W_1(p)}$, а відповідно із врахуванням значень

$W_0(p)$ а також $W_1(p)$, одержимо:

$$\begin{aligned} W_e'(p) &= \frac{\frac{-12,374p + 1}{5994,311p^2 + 149,905p + 1}}{\frac{4,676p + 1}{661,872p^2 + 48,509p + 1}} = \\ &= \frac{-8190,004p^3 + 61,621634p^2 + 36,135p + 1}{28029,3982p^3 + 6695,26678p^2 + 154,581p + 1}. \end{aligned}$$

Визначення оптимальних параметрів налаштування ПІ-регулятора проведитимемо за допомогою підпрограми Tune програмного продукту MatLAB. Отже відповідно до додатку Б2 одержимо $K_p = C_1 = 0,001814$, $K_i = C_0 = 0,003139$, а з урахування функції передачі регулятора наступне:

$$W_p^z(p) = \frac{0,001814p + 0,003139}{p}. \quad (3.6)$$

Виконаємо розрахунок для допоміжного каналу автоматичного регулювання:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | 33 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

Підставивши отримані значення отримаємо:

$$\begin{aligned} W_e''(p) &= \frac{-12,374p + 1}{5994,311p^2 + 149,905p + 1} \cdot \frac{0,001814p + 0,003139}{p} + \\ &+ \frac{4,676p + 1}{661,872p^2 + 48,509p + 1} = \\ &= \frac{28014.5415p^4 + 6669.67p^3 + 154.83998p^2 + 1.1152p + 0.003139}{3.967 \cdot 10^6 p^5 + 389995.95p^4 + 13927.9246p^3 + 198.414p^2 + p}. \end{aligned}$$

Пошук оптимальних параметрів налаштування ПІ-регулятора проводитимемо за допомогою підпрограми Tune програмного продукту MatLAB. Отож відповідно до додатку БЗ одержимо таку функцію передачі:

$$W_p^e(p) = \frac{307,10p + 87,240}{p}.$$

У загальному вигляді еквівалентна передавальна функція каскадної САК має такий вигляд:

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

а з урахуванням усіх підстановок і перетворень такий:

$$W_e^{кас}(p) = \frac{-4562.48p^5 - 9156.82p^4 - 2153.518p^3 + 57.98p^2 + 11.018p + 0.2738}{3.97 \cdot 10^6 p^6 + 8.99 \cdot 10^6 p^5 + 4.5 \cdot 10^6 p^4 + 629611.79p^3 + 13851.73p^2 + 98.26p + 0.2738}.$$

3.3 Дослідження на стійкість одноконтурної САК

Спираючись на твердження критерію Михайлова САК, котра описується за допомогою рівняння n -ого порядку, являється стійкою, у тому випадку коли годограф Михайлова проходить n квадрантів і йде у нескінченність.

Для нашої системи характеристичний поліном має такий вигляд:

$$F(p) = 5994.3110p^3 + 142.9470p^2 + 1.49340p + 0.0055640.$$

Виконаємо прирівняння даного полінома до нуля:

$$5994.311p^3 + 142.947p^2 + 1.4934p + 0.005564 = 0.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Зробимо підстановку $p = j\omega$:

$$-5994.311j\omega^3 - 142.947\omega^2 + 1.4934j\omega + 0.005564 = 0.$$

Виділимо дійсну та уявну частини:

$$P(\omega) = -142.947\omega^2 + 0.005564;$$

$$Q(\omega) = -5994.311\omega^3 + 1.4934\omega.$$

Використаємо програмний продукт Mathcad з метою побудови годографа Михайлова. З результатів представлених у додатку В1 можемо стверджувати про стійкість системи оскільки годограф проходить три квадранти і йде у нескінченність, що у повній мірі задовольняє умовам даного критерію стійкості.

3.4 Дослідження на стійкість каскадної САК

Виконаємо запис характеристичного полінома для каскадної САК:

$$F(p) = 3.970 \cdot 10^6 p^6 + 8.990 \cdot 10^6 p^5 + 4.50 \cdot 10^6 p^4 + 629611.790 p^3 + 13851.730 p^2 + 98.260 p + 0.27380.$$

та прирівняємо його до нуля:

$$3.970 \cdot 10^6 p^6 + 8.990 \cdot 10^6 p^5 + 4.50 \cdot 10^6 p^4 + 629611.790 p^3 + 13851.730 p^2 + 98.260 p + 0.27380 = 0.$$

Здійснимо підстановку $p = j\omega$:

$$-3.97 \cdot 10^6 \omega^6 + 8.99 \cdot 10^6 j\omega^5 + 4.5 \cdot 10^6 \omega^4 - 629611.79j\omega^3 - 13851.73\omega^2 + 98.26j\omega + 0.2738 = 0.$$

Виділимо дійсну та уявну частини:

$$P(\omega) = -3.97 \cdot 10^6 \omega^6 + 4.5 \cdot 10^6 \omega^4 - 13851.73\omega^2 + 0.2738;$$

$$Q(\omega) = 8.99 \cdot 10^6 \omega^5 - 629611.79\omega^3 + 98.26\omega.$$

Використаємо програмний продукт Mathcad з метою побудови годографа Михайлова. З результатів представлених у додатку В2 можемо стверджувати про стійкість системи оскільки годограф проходить шість квадрантів і йде у нескінченність, що у повній мірі задовольняє умовам даного критерію стійкості.

3.5 Оцінка якості керування за перехідними характеристиками

Для проведення ефективної оцінки якісних показників перехідного процесу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

виконаємо побудову перехідної характеристики одноконтурної САК, яку виконаємо за допомогою програмного продукту Matlab та його компоненту Simulink, а результати відобразимо на рисунку 3.3.

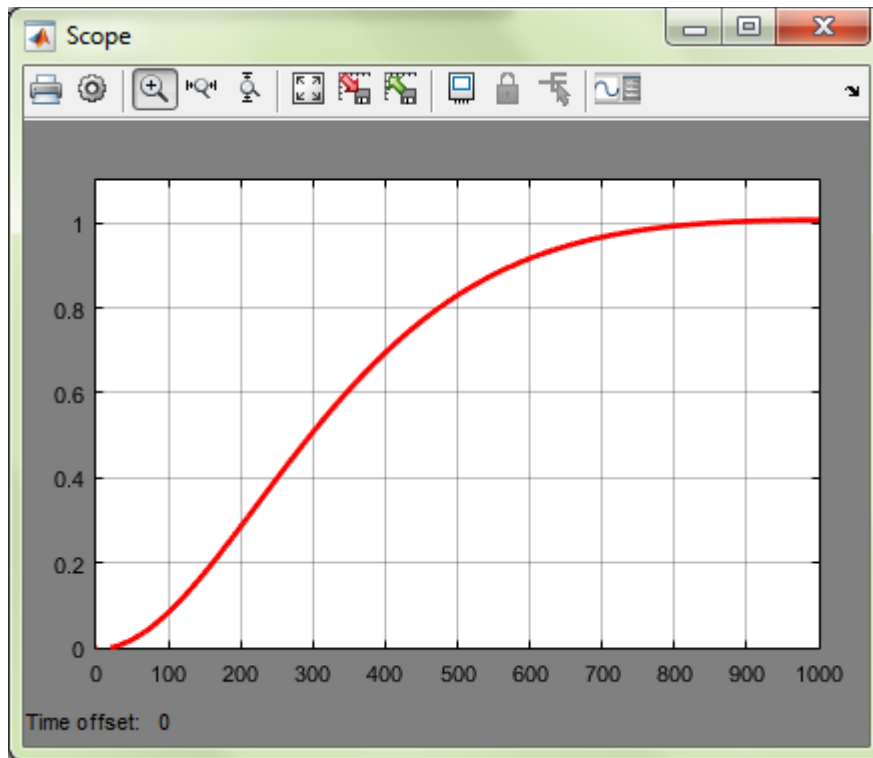
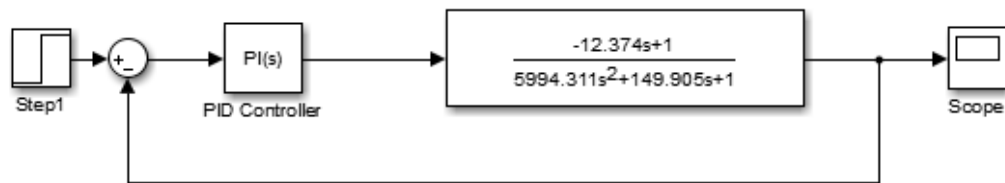


Рисунок 3.3 – Змодельована в Matlab перехідна характеристика одноконтурної САК

З наведеної на рисунку 3.3 перехідної характеристики визначимо наступні показники:

- тривалість перехідного процесу:

$$t_n = 800,0 \text{ с};$$

- перерегулювання:

$$\delta = 0\% .$$

Ідентичним чином поступимо з каскадною САК і виконаємо побудову її перехідної характеристики за допомогою програмного продукту Matlab та зокрема середовища Simulink, а результат відобразимо на рисунку 3.4.

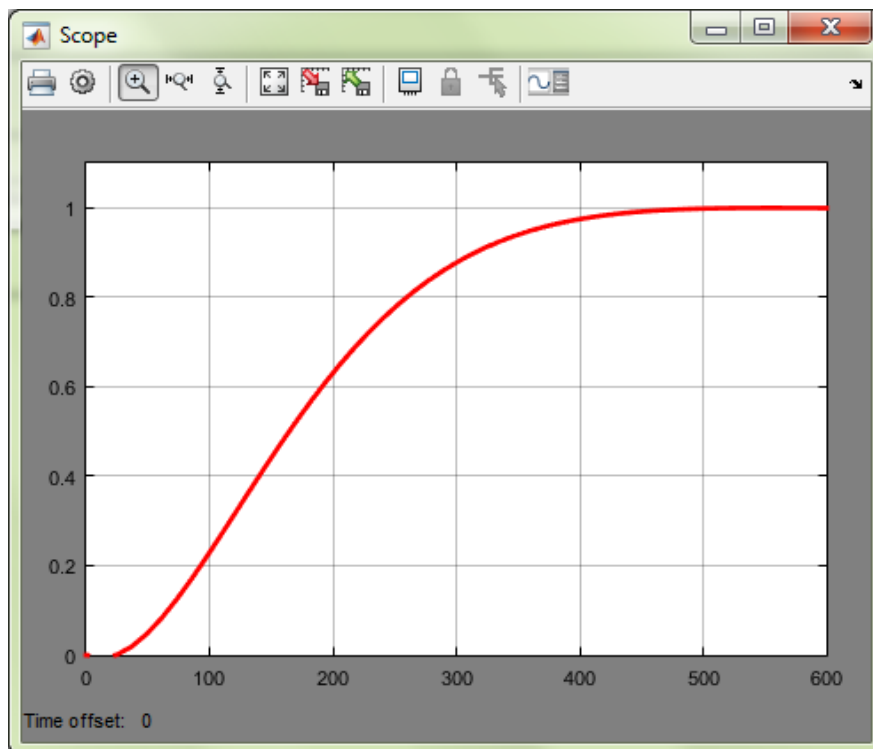
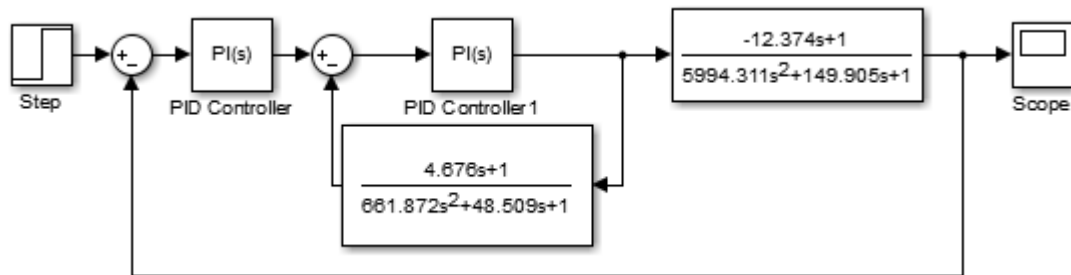


Рисунок 3.4 - Змодельована в Matlab перехідна характеристика каскадної САК

З наведеної на рисунку 3.4 перехідної характеристики визначимо наступні показники:

- тривалість перехідного процесу:

$$t_n = 470,0 \text{ с.}$$

- перерегулювання:

$$\delta = 0\% ;$$

Висновки до розділу

Виконано аналіз САК та досліджено дві схеми автоматичного керування такі як каскадна та одноконтурна. Здійснено пошук оптимальних параметрів налаштування регуляторів як у випадку застосування одноконтурної так і у випадку

застосування каскадної САК за допомогою продукту Matlab.

За допомогою програмного продукту Mathcad виконано аналіз стійкості САК за критерієм Михайлова котрий підтвердив стійкість усіх систем керування. За допомогою програмного продукту Matlab виконано побудову перехідних характеристик систем керування та визначено якісні показники.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА САК

4.1 Загальні положення

У загальному розумінні функціональні схеми автоматизації (ФСА) представляють собою основний технічний документ, який представляє собою функціонально-блочну структуру деяких окремих вузлів системи автоматичного контролю, управління а відповідно і регулювання технологічного процесу а також оснащення даного об'єкта управління потрібними приладами а також засобами автоматизації.

Технологічним об'єктом для управління у системах автоматизації технологічних процесів зазвичай являється деяка сукупність основного а також допоміжного обладнання в поєднанні із вмонтованими у нього запірними а також регулюючими органами.

Усі заплановані задачі автоматизації реалізуються за допомогою встановлення сучасних технічних засобів, які включають у себе: засоби для отримання первинної інформації; комплектні а також допоміжні пристрої; відбірні пристрої; засоби представлення інформації обслуговуючому персоналу.

В результаті складання функціональних схем отримаємо:

- вибір ефективних методів для вимірювання задіяних технологічних параметрів;
- вибір сучасних та ефективних технічних засобів автоматизації;
- розташування засобів автоматизації на щитах а також пультах.

ФСА яка являється основним технічним документом найповніше визначає структуру а також функціональні зв'язки між усіма задіяними технологічними процесами та задіяною системою контролю та управління.

Вибір технічних засобів автоматизації (ТЗА) проводиться дивлячись на їхнє призначення, метрологічні характеристиками а також можливі умовами експлуатації. З точки зору метрології прилади зазвичай характеризуються границею пропорційності та деякою точністю вимірювання. Границі вимірювань

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

характеризується за допомогою нижньої а також верхньої границі вимірювання, а відповідно точність характеризується класом точності приладів.

Залежно від типу виконання усі вибухозахищені прилади а також технологічне обладнання виготовляється у вибухонепроникному виконанні, з маслонаповненням підвищеної точності проти вибуху, а також з кварцевим заповненням та спеціальні. Вибухозахищені ТЗА можуть мати абсолютно різні типи вибухозахисту.

Здійснивши вибір типу приладу дивлячись на призначення а також умовами експлуатації приступаємо до вибору метрологічних характеристик приладу, який починаємо з вибору границі вимірювання, а уже потім і класу точності.

4.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації

Процес вибору ТЗА виконаємо, виходячи із наступних вимог:

- вимірювання тиску із приведеною похибкою $\pm 1,15\%$;
- сигналізація тиску з похибкою $\pm 2,5\%$;
- вимірювання температури із деякою допустимою похибкою $\pm 30^{\circ}\text{C}$;
- вимірювання рівня із приведеною похибкою $\pm 3\%$;
- сигналізація рівня з похибкою $\pm 4\%$;
- вимірювання витрати з приведеною похибкою $\pm 2,5$.

Користуючись вище сказаним вибрано наступні ТЗА для контролю:

1. Температури - термопари типу ТХК-0279, первинного перетворювача БПТ-22; - термопари типу ТХК-0279, вторинного регулюючого прилади типу МІК-21.



Рисунок 4.1 - Термопари типу ТХК-0279

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Термопары ТХК - це термометри опору, які застосовують для вимірювання температури різних промислових об'єктів, а також в різних контурах управління і автоматичного контролю на виробництвах. Головні переваги хромель-копелевих термопар це невисока вартість, досить широкий діапазон вимірюваних температур - від -200°C до $+1372^{\circ}\text{C}$ (межа вимірювань залежить від діаметра термоелектродного дроту), а також надійна їхня конструкція. Також широке використання хромель-копелевих термопар пов'язані з простотою, зручністю монтажу, можливостям по вимірюванню локальної температури. При виборі датчиків температури видів ТХА і ТХК слід врахувати що їх небажано використовувати в атмосфері з підвищеним вмістом сірки, так як вона впливає на обидва електроди.

Діапазон вимірюваних температур, $^{\circ}\text{C}$:

- для термопар ТХА, КТХА (тип К) ... від -40°C до $+1200^{\circ}\text{C}$;
- для термопар ТХК, КТХК (тип L) ... від -40°C до $+600^{\circ}\text{C}$.

Блок перетворення сигналів термопар БПТ-22 призначений для перетворення сигналу термопар типу ТХК (L), ТХА (K), ТПП (S), ТПП (B) у вихідний уніфікований сигнал постійного струму. Діапазон вимірюваних температур $0 + 2500^{\circ}\text{C}$ в залежності від використовуваного типу термопар.

Галузь застосування:

- вимірювання температури;
- посилення сигналів термопар;
- посилення напруги низького рівня $0-100$ мВ, отриманого від джерела ЕРС;
- вимірювальні системи;
- системи автоматичного регулювання та керування технологічними процесами в промисловості.

Регулятор мікропроцесорний МК-21 призначений для вимірювання контрольованого вхідного фізичного параметра, обробки, а також перетворення та відображення його деякого поточного значення на вбудованому цифровому індикаторі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 4.2 - Первинний перетворювач БПТ-22

Функціональність:

- P / PI / PD / PID-ШИМ – регулятор;
- статичне або динамічне коригування параметра (або заданої точки) по відношенню до іншого параметра;
- робота з уніфікованими сигналами;
- вибір і конфігурація структури управління;
- стабілізуюче та слідкуюче регулювання;
- пристрій для ручного керування аналоговим, імпульсним, дискретним виконавчими механізмами із індикацією деякого задаючого впливу та індикацією поточного положення виконавчого механізму;
- індикація двох фізичних величин, задавач функцій;
- цифрове відображення значень параметрів, заданої точки, вихідного сигналу;
- пряма, зворотне регулювання;
- функція лінійної зміна заданої точки;
- цифрове калібрування початкової шкали і діапазону вимірювань;
- масштабування масштабу вимірюваних параметрів у будь-яких технологічних одиницях;
- лінеаризація вхідних сигналів (по 20 балів);

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

- завдання та технологічна сигналізація відхилень від мінімальних і максимальних налаштувань для кожного каналу;
- вхідний цифровий фільтр аналогових входів від шумів. Константа часу цифрового фільтра - це програмований параметр;
- оптична ізоляційна технологія забезпечує трирівневу гальванічну ізоляцію (вхід, вихід та потужність) з напругою ізоляції до 1000 В. Гальванічна ізоляція забезпечує високу точність та стабільність введення / виводу, забезпечує високий рівень співвідношення сигнал / шум та захист від перешкод у промислових умовах;
- знаходження квадратного коріння (вимірювання та регулювання потоку за допомогою перепаду тиску);
- чотири вільно програмованих цифрових виходів;
- використання сигналів з кінцевих вимикачів виконавчого механізму (в імпульсному регуляторі з зовнішнім зворотним зв'язком);
- моніторинг стану давачів (їх ліній зв'язку або вимірювального каналу) за допомогою програмованої системи безпечного керування виконавчим механізмом;
- функція обмеження аналогового виходу;
- ретрансмісія аналогових входів та аналогових параметрів на аналоговий вихід пристрою;
- автоматична корекція положення виконавчого механізму;
- конфігурація параметрів інтегральних виконавчих механізмів постійної швидкості: час механізму T_m , мінімальна тривалість імпульсу T_{min} ;
- збереження параметрів після вимкнення живлення;
- захист від несанкціонованої зміни параметрів;
- гальванічно відокремлений інтерфейс RS-485, протокол ModBus;
- кількість пристроїв у мережі RS-485: до 255;
- клемно-блочні з'єднання забезпечують легке та надійне підключення джерел сигналів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 4.3 - МІК-21

2. Тиску - перетворювачі тиску типу Сапфір-22ДИ 2150 та Сапфір-22ДИ 2161, вторинні прилади мікропроцесорні технічні індикатори типу ИТМ-11-3241.

Давачі надлишкового тиску Сапфір-22-ДІ-2150 з межами вимірювання 0,25; 0,40; 0,60; 1,00; 1,60; 2,50 МПа і класом точності 0,5%; 0,25%; 0,15%.

Перетворювачі Сапфір-22-ДІ-2150 можуть бути переналаштовані на будь-яку з меж вимірювань для даної моделі. Перетворювач Сапфір-22МПС-ДІ-2150 з цифровою обробкою сигналу, на замовлення, може бути налаштований на будь-яку нестандартну межу вимірювання в діапазоні від 0,25МПа до 2,50МПа.

На вимогу замовника давачі можуть поставляється з межами вимірювання в одиницях тиску кгс / м², кгс / см², бар і мбар.



Рисунок 4.4 - Перетворювач тиску типу Сапфір-22ДИ 2150

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

Робоча температура вимірюваного середовища від -30 до 100 °С при безпосередньому підключенні перетворювача.

Кліматичне виконання:

- УХЛЗ.1 - для роботи при температурах навколишнього повітря -1 .. + 50 °С;
- У2 - для роботи при температурах навколишнього повітря -40 .. + 80 °С, на замовлення -50 ... + 80 °С;
- Т3 - для роботи при температурі навколишнього повітря +1 .. + 80 °С; на замовлення -10 ... + 80 °С.

Вихідний сигнал датчиків в звичайному і вибухонепроникному виконанні («Вн»):

- 0-5 мА - дво- і чотири- провідна лінія зв'язку;
- 0-20 мА - дво- і чотири- провідна лінія зв'язку;
- 4-20 мА - дво- і чотири- провідна лінія зв'язку.

Напруга живлення перетворювачів з вихідним сигналом 0-5мА і 0-20мА - стабілізована, постійний струм напругою від 24В до 36В.

Напруга живлення перетворювачів з вихідним сигналом 4-20мА - стабілізована, постійний струм напругою від 15В до 36В.

3. Витрати - перетворювачі витрати типу SCM 3000PLUS серія М, вторинні регулюючі прилади типу МІК 21-05-03-03-03 та мікропроцесорні технічні індикатори типу ІТМ-11-3241.

Масові витратоміри SCM 3000 PLUS (надалі - витратоміри) призначені для вимірювання масової та об'ємної витрати, щільності, маси і об'єму потоку рідини.

Вони можуть застосовуватися в хімічній, нафтохімічній, нафтової, газової, харчової, фармацевтичної та інших галузях промисловості.

Принцип дії витратомірів базується на використанні сил Коріоліса, котрі діють на потік середовища, який рухається за вимірювальної частини трубопроводу, що коливається з постійною частотою. Сили Коріоліса викликають поперечні коливання вхідної і вихідної сторін вимірювальної частини та відповідно фазові зміщення їхніх частотних характеристик, які являються пропорційними масовій витраті.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 4.5 - Мікропроцесорні технічні індикатори типу ІТМ-11-3241

Витратоміри складаються з давача масової витрати і вимірювального перетворювача. Вимірювальний перетворювач забезпечує перетворення, обробку та індикацію сигналів давача і має рідкокристалічний дисплей. На рідкокристалічний дисплей виводиться інформація по масі і масовій витраті, об'ємній витраті, по щільності і температурі вимірюваного середовища, результати самодіагностики. Витратоміри мають три вихідних сигнали: аналоговий по постійному струму, частотно-імпульсний і цифровий.

4. Рівня - перетворювачі гідростатичного тиску стовпа рідини типу Сапфір-22ДГ 2530, вторинні регулюючі прилади типу МІК 21-05-03-03-03.



Рисунок 4.6 - Перетворювачі Сапфір-22ДГ 2530

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- регулюючої дії - прохідні клапани серії V201E1.



Рисунок 4.7 - Прхідні клапани фірми Samson

4.3 Опис роботи автоматичної системи керування

Розроблювана система автоматизації забезпечуватиме дворівневий контроль а також регулювання необхідних параметрів. Увесь нижній рівень контролю, регулювання а також сигналізації виконується за допомогою таких мікропроцесорних регуляторів як МІК 25-03-03-03 та МІК 21-05-15-04-03.

Мікропроцесорний контролер МІК 21 може забезпечувати вимірювання, контроль а також автоматичне регулювання тільки одного автоматичного параметру та мають у своєму складі контури автоматичного регулювання, які мають управлінням з компютера. Дані мікропроцесорні контролери мають у собі П/П/ПД/ПІД-ШІМ алгоритми регулювання.

Мікропроцесорний контролер, який має тип МІК 25 виконує ідентичні з МІК 21 функції, але має у своєму складі додатковий аналоговий або імпульсний П/П/ПД/ПІД-регулятор співвідношення або каскадний із внутрішнім зворотнім зв'язком по зміні положення виконавчого механізму.

Індикатор технологічний мікропроцесорний ИТМ-11 здійснює індикацію одного параметру в певних технологічних одиницях на цифрових а також лінійних індикаторах. Присутня можливість сигналізації відхилення від деяких вставок

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

мінімуму і максимуму.

Усі задіяні регулятори а також індикатори мають гальванічно розділений інтерфейс RS-485, і по протоколу ModBus якому іде процес збору інформації а також конфігурування регуляторами та задіяними індикаторами за допомогою компютера. З урахуванням того, що компютер працює із послідовним інтерфейсом RS-232 то для ефективного перетворення інтерфейсів в двонаправленому напрямку задіяний також блок перетворювач інтерфейсів БПІ-485 (поз. 19).

Вимірювання, контроль та регулювання температури після розчину сировини здійснюється в такому порядку: електричний сигнал від термопары ТХК-0279 (поз. 1-а) потрапляє на мікропроцесорний контролер МІК-21 (поз. 1-б), який на цифровому табло відображає середнє значення вимірюваної температури необхідне завдання та деяку регулюючу дію. Регулююча дія (уніфікований електричний сигнал 4-20мА) напвляється на позиціонер виконавчого механізму (ВМ) (поз. 1-в), котрий змонтований на трубопроводі подачі розчину сировини. Регулюючий орган ВМ прикривається чи відкривається в результаті чого збільшується чи зменшується подача розчину сировини в теплообмінник ІІІ.

Вимірювання, контроль та регулювання температури води в холодильник здійснюється в такому порядку: електричний сигнал від термопары ТХК-0279 (поз. 2-а) по кабелю поступає на мікропроцесорний регулятор МІК-21 (поз. 2-б), який на цифровому табло відображає середнє значення вимірюваної температури, завдання, а також регулюючу дію. Регулююча дія напвляється на позиціонер ВМ (поз. 2-в), який встановлений на трубопроводі подачі води у холодильник 4. Регулюючий орган ВМ прикривається чи відкривається в результаті чого збільшується чи зменшується подача води в холодильник.

Аналогічно проводиться вимірювання, контроль та регулювання температури в охолодженому пропані.

Вимірювання, контроль і сигналізація тиску після насосу 20 здійснюється так: за допомогою первинного перетворювача Сапфір22ДИ (поз. 4-а), який встановлений у шафі, деяке значення тиску перетворюється у певний сигнал, який поступає на

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

індикатор технологічний мікропроцесорний ИТМ-11 (поз. 4-б), який відповідно на своєму цифровому табло здійснює відображення біжучого значення вимірюваного тиску.

Аналогічно проводиться вимірювання, контроль і сигналізація тиску після насосу 21, після насосу 22, після насосу 19, в пропановому кристалізаторі 10, 11, барабанному фільтрі.

Вимірювання, контроль та регулювання співвідношення витрати сировини і пропану на вході в змішувач 2 за допомогою давачів інтелектуального витратоміра SCM3000PLUS (поз. 11-а, 12-а) (принцип дії його оснований на зміні кореолісових сил потоку), а також його перетворювачі (поз. 11-б, 12-б) з яких сигнал котрий являється пропорційний витраті направляєється на мікропроцесорний контролер МІК 25 (поз. 11-в). З контролера керуючий сигнал направляєється на ВМ (поз. 11-г) змонтований на трубопроводі подачі пропану.

Вимірювання, контроль витрати розчині петролатума на регенерацію X здійснюється за допомогою давача інтелектуального витратоміра SCM3000PLUS (поз. 13-а), а також його перетворювачі (поз. 13-б) із котрого присутній уніфікований електричний сигнал 4-20мА котрий являється пропорційним витраті поступає на індикатор технологічний мікропроцесорний ИТМ-11 (поз. 13-б), котрий на своєму цифровому табло відображає поточне значення вимірюваної витрати розчину петролатума на виході з холодильника 6.

Вимірювання, контроль та регулювання рівня у збірнику рідкого пропану 1 здійснюється за допомогою первинного перетворювача Сапфір22ДГ (поз. 14-а), який встановлений в місцевій шафі, значення рівня поступає на мікропроцесорний контролер МІК 25 (поз. 14-б) з якого керуючий сигнал потрапляє на ВМ (поз. 14-в) встановлений на трубопроводі виходу пропану з збірника.

Аналогічно проводиться вимірювання, контроль та регулювання рівня в ємності для охолодження пропану 15, в приймачі суспензії петролатума 16, в приймачі пропану від промивки осаду 17.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.4 Проектування щита сигналізації і управління

Щити і пульти системи автоматизації призначаються для розташування на них засобів для контролю і управління технологічним процесом, контрольно-вимірювальних приладів, сигнальних пристроїв, апаратури управління автоматичного регулювання, захисту, блокування, лінії зв'язку між ними і тому подібне.

Щити і пульти встановлюються в промислових і спеціальних щитових приміщеннях.

Розташування апаратури а також арматури та усіх установочних виробів має бути враховуючи їхні конструктивні особливості, функціональне призначення, можливість а також зручність монтажу та ефективної експлуатації.

Вибраний у роботі щит функціонально призначений для повідомлень обслуговуючого персоналу про поточні відхилення параметрів технологічного процесу. Також щит служить для здійснення управління двигунами насосних агрегатів Н-19-Н-22 і захисту від струмового перевантаження.

Вигляд внутрішньої площини щита показується в розгорнутому вигляді з необхідною електроапаратурою, яка розташована у середині щита а також можливих інших допоміжних пристроїв. Технологічно відстань між ними потрібно приймати із урахуванням можливих монтажних зон.

В межах від 1957 мм до 636 мм на фронтальній панелі щита розташована апаратура в наступній послідовності:

- на висоті 1957 мм сигнальна арматура контролю наявності напруги живлення в схемі управління;

- на висоті 1796-1563 мм індикатор технологічний мікропроцесорний ІТМ-11;

- на висоті 1563 - 1338 мм мікропроцесорні регулятори МІК-21, МІК-25;

- на висоті 1124 мм мікропроцесорні регулятори МІК-21, МІК-25;

- на висоті 949 мм сигнальна арматура роботи насосів 19-22 АМЕ-32-121АУ2;

- на висоті 789 мм пости управління положення насосів 19-22 ПКЕ-112-2УЗ;

- на висоті 704 мм універсальний перемикач ПВ-1-10;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- на висоті 610 мм - кнопка опробування звукової та світлової сигналізації КНЕ-001-УЗ.

На лівій боковій стінці розміщено:

- на висоті 1900 - 1800 мм клемно-блочні з'єднувачі для ИТМ-11;
- на висоті 1700-1600 клемно-блочні з'єднувачі для МІК-21;
- на висоті 1600-1500 клемно-блочні з'єднувачі для МІК-21;
- на висоті 1300-1200 клемно-блочні з'єднувачі для БЗ-10.

На правій боковій стінці розміщено:

- на висоті 1800 -1700мм клемно-блочні з'єднувачі для ИТМ-11;
- на висоті 1500 -1400мм клемно-блочні з'єднувачі для МІК-21;
- на висоті 1300-1200мм клемно-блочні з'єднувачі для МІК-21, МІК-25;
- на висоті 800-500мм розташовується плата із розеткою та звичайним вимикачем.

Уся обв'язка електроапаратури виконується за допомогою використання проводу котрий оснащений полівінілхлоридною ізоляцією ПВ 1×1 мм.

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

Схема з'єднань зовнішніх проводок представляє собою комбіновану схему, на котрій відображаються електричні та трубні зв'язки між приладами та задіяними ТЗА, встановленому на технологічному обладнанні, на щитах і поза ними, та відповідно підключення даних проводок до приладів та відповідно щитів.

Схеми з'єднань а також підключень зовнішніх проводок будуються на основі слідуєчих матеріалів:

- схем автоматизації технологічних процесів;
- експлуатаційної документації на прилади і ТЗА задіяні у проекті;
- таблиць з'єднань і підключень проводок щитів і пультів, виконують в відповідності РМ4-107-77.

Дійсне просторове розміщення приладів і елементів схем або узагалі не враховується або частково враховується.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Маркування жил кабелів і проводок на схемах з'єднань і підключень проставляють в відповідності з принциповими електричними схемами і з РМ4-106-77.

Схеми в загальному випадку повинні вміщувати: первинні прилади, щити, пульти, штативи, внешнещитові прилади, групові установки, зовнішні електричні і трубні проводки, захищені, занулені системи автоматизації.

На схемах з'єднань зверху поля креслення, а при великій насиченості схеми приладами зверху і знизу в дзеркальному зображенні розміщують таблицю з пояснюючими написами.

Розбивку строки таблиці „Назва параметру” і „Місце відбору параметру” на заголовки і підзаголовки виконують групуючи прилади по параметру.

В строку „Позиція” вносять позиції приладів по схемі автоматизації і позиційні позначення електроапаратури, присвоєних їм по принциповим електричним схемах. Для елементів системи автоматизації, які не мають самостійних позицій, вказують позицію приладу, до якого вони відносяться. Внешнещитові прилади (датчики, електроконтактні манометри) і групові установки приладів розміщують на полі креслення між таблицями з пояснюючими написами і прямокутниками, зображуючи ми щити, пульти, штативи.

Для внешнещитових приладів не маючих номерів електричних зовнішніх виводів, а також для датчиків з пневматичною дистанційною передачею застосовують графічні умовні позначення, прийняті для цих приладів на схемах автоматизації.

Протяжні коробки, необхідні тільки для протяжних приладів в магістральні захисні труби, на схемах не показують. Їх вибирають монтажні організації при монтажі.

З'єднувальні електричні коробки показують в вигляді прямокутника, в середині якого розміщують зажими з необхідною нумерацією і показують підключення до них жил кабелів.

Біля графічних позначень з'єднуючих і протяжних коробок над полкою лінії виноски вказують їх позначення і порядковий номер. Під поличкою лінії-виноски

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 52 |

з'єднувальних коробок вказують позначення креслень їх встановлення.

Для кожної зовнішньої проводки приводять їх технічну характеристику:

- для проводок - марку, січення і при необхідності колір, а також довжину.

Довжину вказують один раз для ліній проводок, які відходять від первинного приладу, при цьому вказують повну довжину проводу до місця його підключення до зажимів щитів, коробок, приладів;

- для кабелів - марку, кількість і січення жили і при необхідності кількість зайнятих жил, котрі вказують в прямокутнику, який поміщають справа від позначення даних кабеля, а також довжину кабелів;

- для метало рукава - діаметр, тип і довжину;

- для труби - діаметр, товщину стінки і довжину;

- для пневмокабелів вказують марку, кількість труб, їх діаметр, товщину стінки і довжину.

В даній роботі ми розробили схему зовнішніх з'єднань приладів. Зробимо опис одного контуру і кожного параметру контрольованих величин.

Всі задіяні термоперетворювачі, які мають тип ТХК з'єднані із наявними вторинними приладами за допомогою використання компенсаційних провідників типу ПКГВ ХК 2×1,5, - це для вимірювання температури в розчині пропану II, розчину від промивки осаду, охолодженого пропану, а в інших випадках вони з'єднані із вторинними приладами, котрі встановлені на змонтованому щиті, за допомогою використання компенсаційних провідників типу ПКГВ ХК 2×1,5, які прокладаються в коробі, але від термопар до короба - в захисних металорукавах.

Місця відбору тиску і рівня (ми міряємо гідростатичний стовп рідини) з'єднуються з первинними перетворювачами, що змонтовані у місцевих шафах, за допомогою використання труб сталених безшовних котрі мають тип Тр.Ст.14×1,5:

- давачі для вимірювання витрати, які встановленні по місцю з'єднанні з вторинними приладами на щиті в операторській за допомогою кабеля КВВБГ4х1.5;

- від первинних перетворювачів рівня ,тиску вимірювана величина подається за допомогою кабеля КВВБГ4х1.5;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- командні сигнали до виконавчих механізмів подаються за допомогою кабеля КВВБГ4х1.5, за допомогою цього ж кабеля підводимо живлення до виконавчих механізмів.

Всі кабелі від установки до операторської ведемо у коробі електричних проводок. У операторській ми з'єднуємо всі регулятори з ЕОМ через блок перетворення інтерфейсу за допомогою шини.

Пости управління по місцю з'єднуємо з щитом в операторській за допомогою кабеля КВВБГ4х1.5.

Довжини усіх кабелів а також труб зазначені на схемах зовнішніх з'єднань, а їхня загальна кожного вигляду кабелів та труб наведено у таблиці, яка розташована над основним надписом.

Висновки до розділу

У розділі розроблено проектну документацію. Проведено аналіз вибраних технічних засобів автоматизації. Виконано опис роботи автоматичної системи. Розроблено функціональну схему автоматизації спроектовано щит сигналізації і управління та схеми зовнішніх з'єднань та схеми під'єднань.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

Депарафінізація нафтопродуктів проводиться з метою видалення парафінових вуглеводневих речовин, що виділяються при низьких температурах, і отримання олив з низькою температурою застигання. Процеси депарафінізації відносяться до числа найбільш технічно складних процесів технології переробки нафти. Тому важливе значення має вибір найбільш сприятливих умов їх здійснення, оптимальних режимів процесу.

В бакалаврській роботі проаналізовано процес депарафінізації пропану як об'єкта автоматичного контролю та керування. Виконано ґрунтовний аналіз питання пов'язаного з призначенням установки, а також з суттю та хімізмом технологічного процесу. Наведено характеристику сировини, а також одержаних продуктів та матеріалів. Встановлено основні параметри для контролю та регулювання на даній установці. Здійснено аналіз технологічного процесу депарафінізації пропану та наведено технічну характеристика досліджуваного технологічного процесу.

На основі досліджених взаємозв'язків між певними основними режимними параметрами проаналізовано та синтезовано САК процесу депарафінізації пропану.

Проведено аналіз вибраних технічних засобів автоматизації. Розроблено функціональну схему автоматизації спроектовано щит сигналізації і управління та схеми зовнішніх з'єднань та схеми під'єднань.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 55 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

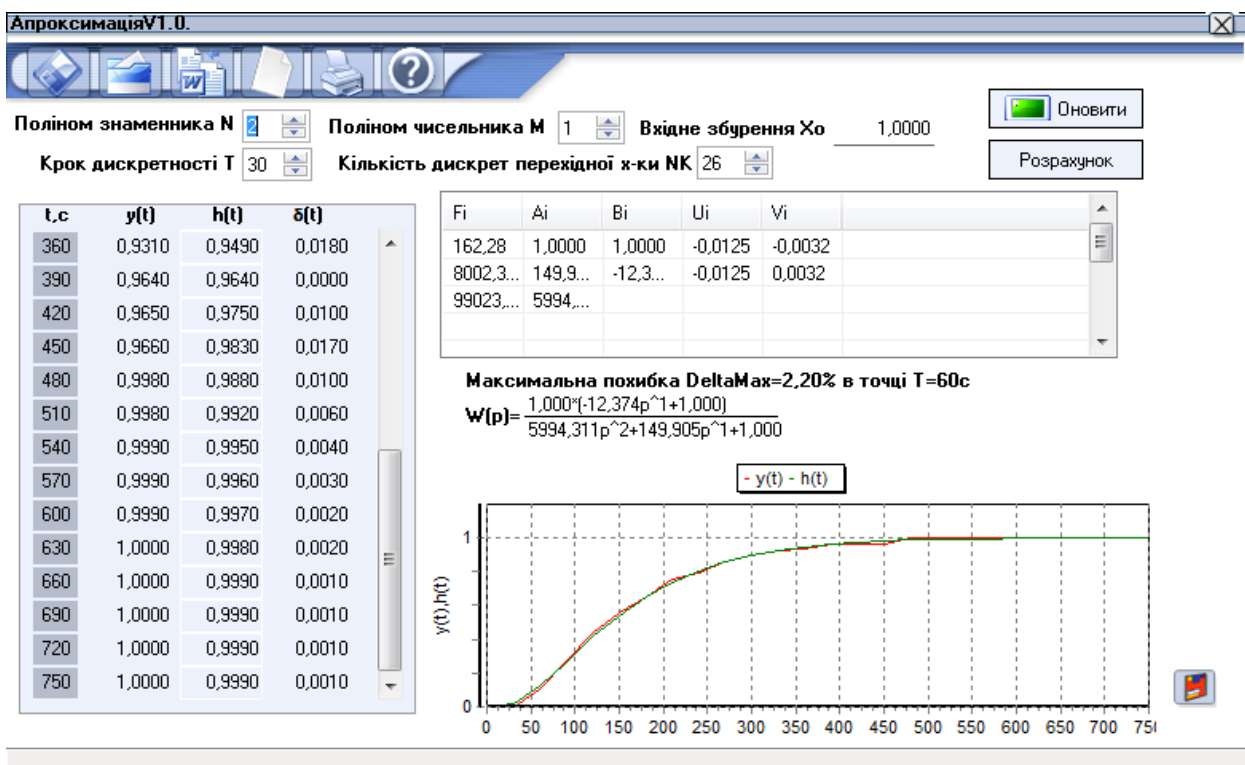
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. 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.
2. Когутяк, М. І. Мікроконтролери для систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М. І. Когутяк, А. І. Лагойда. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. – 290 с.
3. Дранчук М. М. Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості.: навч. посіб. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2005. 448 с.
4. Технічний опис та інструкція по експлуатації мікропроцесорних регуляторів фірми “Мікрол”.
5. Технічний опис та інструкція по експлуатації обладнання фірми “Honeywell”.
6. Технічний опис та інструкція по експлуатації обладнання фірми “Rosemount”.
7. Когутяк М. І., Когуч Я. Р., Лещій Р. М. Автоматизація неперервних технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості: навч. посіб. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. 286 с.
8. Семенцов Г. Н., Когуч Я. Р., Дранчук М. М. Автоматизація технологічних процесів в нафто-газовій промисловості: курс. проєктув. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ Факел, 2007. 40 с.
9. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування: підручник. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 1999. 610 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | БР.АКПзд-27.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 56 |

ДОДАТКИ

Додаток А1



Додаток А2

Апроксимація V1.0
✕

Поліном знаменника N

Крок дискретності T

Поліном чисельника M

Кількість дискрет перехідної x-ки НК

Вхідне збурення X₀

| t, c | y(t) | h(t) | δ(t) |
|------|--------|--------|--------|
| 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 10 | 0,1000 | 0,1080 | 0,0080 |
| 20 | 0,2500 | 0,2540 | 0,0040 |
| 30 | 0,4045 | 0,4030 | 0,0015 |
| 40 | 0,5550 | 0,5380 | 0,0170 |
| 50 | 0,6590 | 0,6510 | 0,0080 |
| 60 | 0,7545 | 0,7430 | 0,0115 |
| 70 | 0,8045 | 0,8140 | 0,0095 |
| 80 | 0,8900 | 0,8680 | 0,0220 |
| 90 | 0,9015 | 0,9070 | 0,0055 |
| 100 | 0,9510 | 0,9360 | 0,0150 |
| 110 | 0,9525 | 0,9570 | 0,0045 |
| 120 | 0,9525 | 0,9710 | 0,0185 |
| 130 | 0,9640 | 0,9810 | 0,0170 |

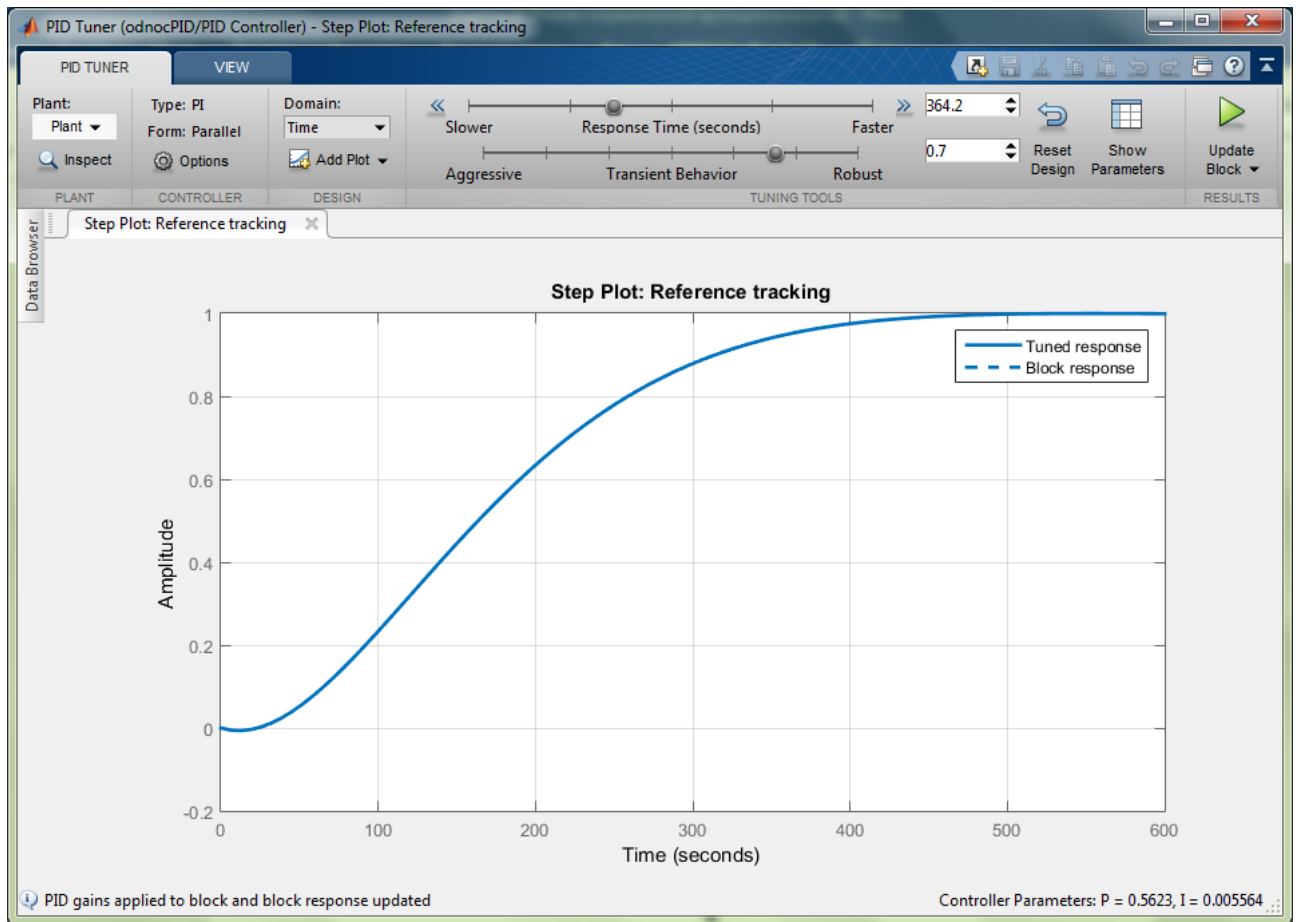
| Fi | Ai | Bi | Ui | Vi |
|-----------|----------|--------|---------|---------|
| 43,833... | 1,0000 | 1,0000 | -0,0366 | -0,0130 |
| 456,89... | 48,50... | 4,6763 | -0,0366 | 0,0130 |
| -2136,... | 661,8... | | | |

Максимальна похибка DeltaMax=2,20% в точці T=80c

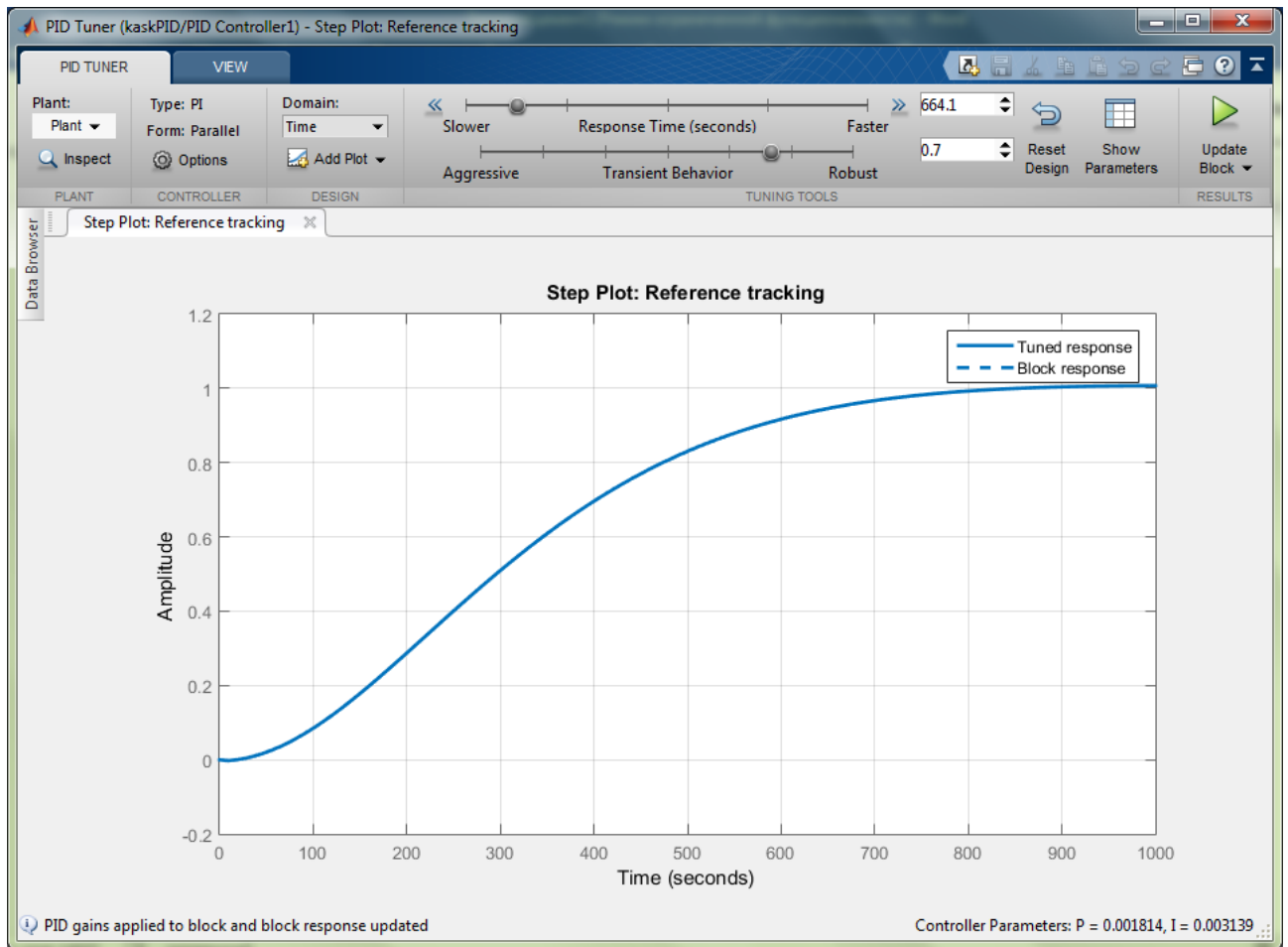
W(p) = $\frac{1,000(4,676p^1+1,000)}{661,872p^2+48,509p^1+1,000}$

- y(t) - h(t)

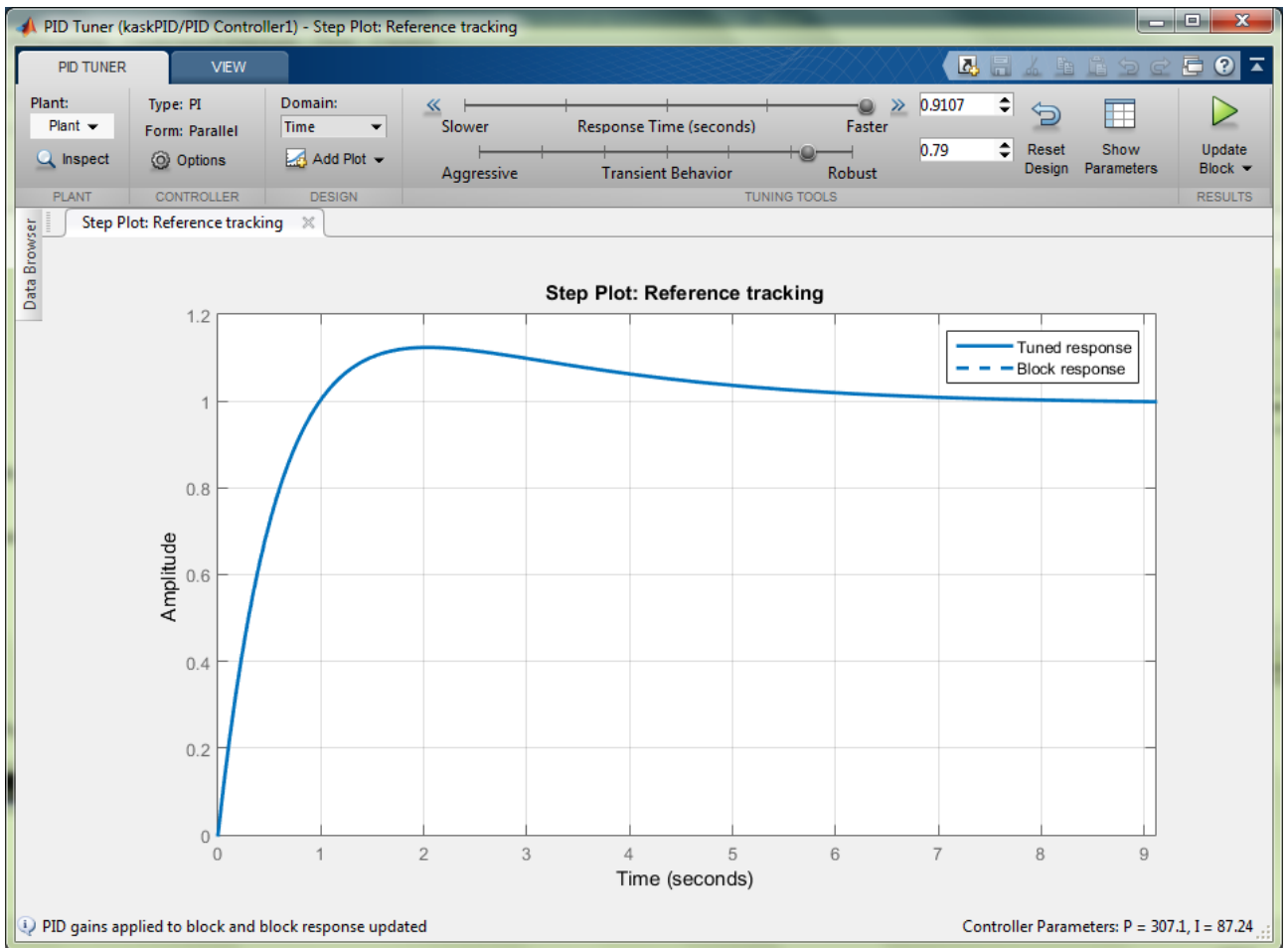
Додаток Б1



Додаток Б2



Додаток БЗ

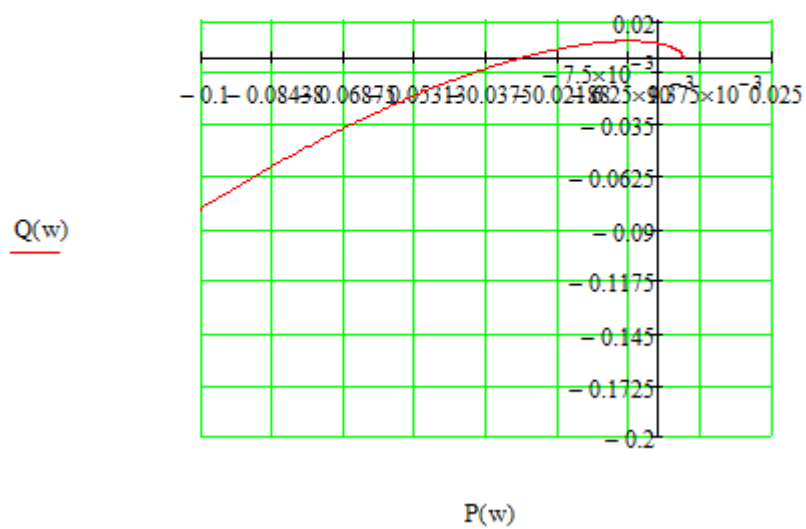


Додаток В1

$$P(w) := -142.947 \cdot w^2 + 0.005564$$

$$Q(w) := -5994.311 \cdot w^3 + 1.4934 \cdot w$$

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

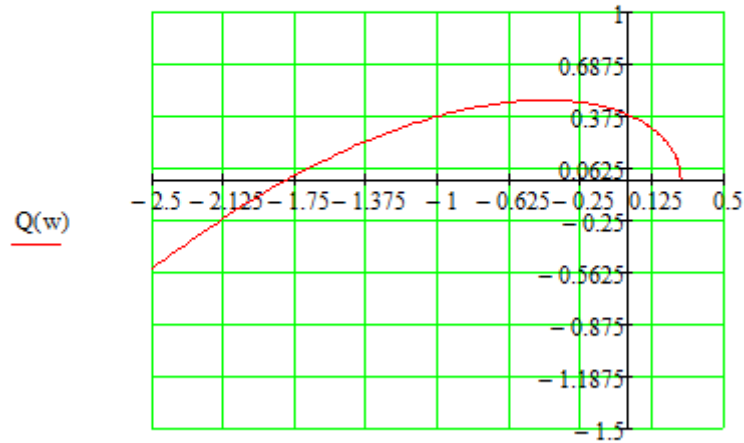


Додаток В2

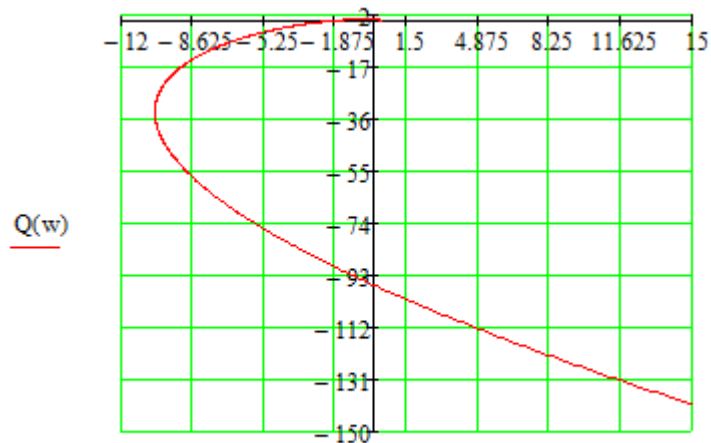
$$P(w) := -3.97 \cdot 10^6 \cdot w^6 + 4.5 \cdot 10^6 \cdot w^4 - 13851.73 \cdot w^2 + 0.2738$$

$$Q(w) := 8.99 \cdot 10^6 w^5 - 629611.79 \cdot w^3 + 98.26 \cdot w$$

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



P(w)



P(w)

