

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-хімічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації хімічних виробництв
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ А.І.Жученко
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

на тему: Система автоматизації процесів депарафінізації мастил із використанням розчинників

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ЛА-72мп
(шифр групи)

Самко Ігор Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник доцент, к.т.н., доцент. Ярошук Л.Д. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва)

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.І.Жученко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Самку Ігорю Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Система автоматизації процесів депарафінізації мастил із використанням розчинників

науковий керівник дисертації Ярошук Людмила Дем'янівна, к.т.н., доцент. __ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «12» 11 2018 р. №4139-с

2. Термін подання студентом дисертації 14 грудня 2018 р

3. Об'єкт дослідження Технологічні процеси депарафінізації мастил з використанням розчинників

4. Вихідні дані співвідношення мастила і розчинника на вхід у кристалізатор №2 повинно становити 1:3, температура охолодженого мастила на виході із кристалізатора №2 не повинна перевищувати 50 °С, а на виході із етанового холодильника №3 – 15 °С, частота обертання двигуна барабанного фільтру №4 повинна бути в межах 1...3 об/хв

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз технологічного процесу депарафінізації мастил із використанням розчинників, аналіз існуючих систем керування кристалізатором, ідентифікація процесу кристалізації;

система автоматизації кристалізатора, синтез систем керування кристалізатора та барабанного фільтру, стартап-проект.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Схема автоматизації технологічного процесу, принципова електрична схема дистанційного керування електродвигунів, аварійного захисту та аварійної сигналізації, схема монтажно-комутаційна до технологічних блокувань двигунів.

7. Орієнтовний перелік публікацій Автоматизація кристалізатора у процесі депарафінізації мастил з використанням вимірювача розміру кристалів.

9. Дата видачі завдання 6 листопада 2018 р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу депарафінізації мастил із використанням розчинників	6.11.18	
2	Проектування системи автоматизації процесу депарафінізації мастил із використанням розчинників	15.11.18	
3	Ідентифікація моделі кристалізатора	23.11.18	
4	Синтез систем керування для кристалізатора та барабанного фільтру	1.12.18	
5	Оформлення стартап-проекту	10.12.18	
6	Оформлення магістерської дисертації	12.12.18	

Студент

(підпис)

Самко І.С.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Ярошук Л.Д.
(ініціали, прізвище)

Реферат

Магістерська дисертація на тему «Система автоматизації процесів депарафінізації мастил із застосуванням розчинників» містить пояснювальну записку об'ємом 102 сторінки, 2 листа креслень формату А1.

Пояснювальна записка містить 34 рисунків, 28 таблиць, 3 додатки, 8 літературних джерел. Додатки складаються з експериментальних даних, лістингу програми *Mathcad* та специфікації устаткування, виробів і матеріалів до схеми автоматизації.

В пояснювальній записці виконаний аналіз технологічного процесу депарафінізації та існуючих систем керування кристалізатором; проведено ідентифікацію кристалізатора, побудовані відповідні статичні та динамічні характеристики; розроблено систему автоматизації процесу; підібрані технічні засоби автоматизації; синтезовано та досліджено систему керування для різних показників якості перехідного процесу; розроблено нечітку систему керування барабанним фільтром; розроблено стартап-проект.

Ключові слова: ДЕПАРАФІНІЗАЦІЯ, КРИСТАЛІЗАТОР, ФІЛЬТР, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ, МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ КОНТРОЛЕР, РЕГУЛЯТОР, СТАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, КЕРУВАННЯ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, СТАРТАП-ПРОЕКТ.

Abstract

The master's dissertation on the topic "The system of automation of lubrication dewaxing processes using solvents" contains an explanatory note of 102 pages, 2 sheets of drawings of A1 format.

The explanatory note contains 34 drawings, 28 tables, 3 annexes, 8 literary sources. Applications include experimental data, listing of the Mathcad program and specification of equipment, products and materials to the automation scheme.

An explanatory note made an analysis of the deparaffining process and existing control systems of the crystallizer; the identification of the crystallizer was carried out, the corresponding static and dynamic characteristics were constructed; developed process automation system; Selected technical means of automation; the control system for various indicators of the quality of the transition process is synthesized and investigated; the fuzzy control system for the drum filter has been developed; A startup project has been developed.

Key words: synthesis, deparaffinization, crystallizer, filter, mathematical model, regression model, microprocessor controller, automatic regulator, static characteristics, dynamic characteristics, control system, fuzzy logic, automation, technical means of automation, startup project.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ПРОЦЕС ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ МАСТИЛ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОЗЧИННИКІВ ЯК ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ.....	10
1.1. Основи процесу депарафінізації.....	10
1.2. Фізико-хімічні основи процесу депарафінізації	12
1.3. Технологія процесу депарафінізації мастила інертним газом.....	14
1.4. Аналіз кристалізатора як об'єкта автоматизації, види кристалізаторів та їхні характеристики	16
1.5. Види фільтрів та їхні характеристики	20
1.6. Аналіз існуючих систем управління кристалізатором.....	20
1.7. Постановка задач дослідження.....	23
2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ МАСТИЛ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОЗЧИННИКІВ	24
2.1. Параметри контролю та керування виробництва	24
2.2. Розробка схеми автоматизації	25
2.3. Технічні засоби вимірювання розміру частинок	29
2.4. Опис мікропроцесорного промислового контролера.....	34
2.4.1. Конструкція мікропроцесорного промислового контролера	35
2.5. Дистанційне керування і аварійний захист електричних двигунів.....	37
2.5.1. Постановка задачі з керування і захисту електродвигунів в схемі процесу депарафінізації мастил з використанням розчинників.....	37
2.5.2. Принципова електрична схема керування і аварійного захисту насосів	38
2.5.3. Опис роботи схеми технологічних блокувань.	39
2.5.4. Монтажно-комутаційне з'єднання пристроїв для схеми управління та аварійного захисту електродвигунів.....	41
Висновки до розділу 2	43

					ЛА72мп.11.МД.00.001 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб		Самко І.С.			Система автоматизації просів депарафінізації мастил із використанням розчинників			Лім.	Арк.	Аркуші	
Перев		Ярошук Л.Д.								6	102
Реценз								КПІ ім. Ігоря Сікорського ЛА-72мп			
Н.Контр.		Кваско Е.М.									
Затв.		Жученко А.І.									

3. ДОСЛІДЖЕННЯ КРИСТАЛІЗАТОРА У ПРОЦЕСІ ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ МАСТИЛ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗЧИННИКІВ	44
3.2. Обробка експериментальних досліджень кристалізатора	47
3.2.1. Статична модель кристалізатора	47
3.2.2. Динамічна модель кристалізатора.....	50
Висновки до розділу 3	52
4. СИНТЕЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ КРИСТАЛІЗАТОРОМ.....	53
4.1. Налаштування регулятора для системи керування кристалізатора	53
4.2. Розробка нечіткої системи керування частоти обертання електродвигуна в залежності від суми витрат	59
Висновки до розділу 4	66
5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	67
5.1 Вступ до розробки стартап-проекту	67
5.2 Опис ідеї стартап-проекту.....	68
5.3. Аудит динаміки та основних тенденцій ринку виробництва депарафінації нафтових продуктів	69
5.4. Аналіз маркетингового середовища	70
5.4.1. Аналіз внутрішнього середовища	70
5.4.2. Аналіз зовнішнього середовища	73
5.4.3. Аналіз факторів мікрорекетингового середовища.....	76
5.4.4. Формулювання управлінської проблеми.....	78
5.5. Конкурентний аналіз компанії	79
5.6. Ринкові стратегії стартап-проекту	82
5.6. Комерційна пропозиція	84
ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	86
ДОДАТКИ	88
Додаток 1. Експериментальні данні.....	88
Додаток 2. Лістинг програми MathCad дослідження регресійної моделі	90
Додаток 3. Специфікація устаткування, до схеми автоматизації	96

Перелік умовних скорочень

САК – системи автоматичного керування

ТЕД – температурний ефект депарафінізації

ТЗА – технічні засоби автоматизації

FBRM – вимірювання відображення сфокусованого променя

					<i>ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В сучасному світі є багато техніки та виробництв. Виробництво палива і олив – складний процес, який зумовлює отримання первинних компонентів, їх змішування та приведення до товарних показників у відповідності з вимогами стандартів. Для всієї техніки системою змащення є мастило. Однак неочищене мастило неможливо застосовувати при низьких температурах, тому що воно містить певну частину твердих вуглеводнів. Для очистки мастила використовують процес депарафінізації.

Призначення процесу депарафінізації – виділення з нафтових фракцій твердих вуглеводнів з метою зниження температури застигання нафтопродуктів та покращення характеристик сировини. Для покращення протікання процесу, використовують різні розчинники, які знижують в'язкість сировини, та забезпечують швидше формування кристалів твердих вуглеводнів. У той же час тверді вуглеводні, виділені в процесі депарафінізації, знаходять застосування для виробництва парафіну або церезину, які використовуються у різних галузях промисловості та побуту.

У сучасному світі використання автоматизації є вже необхідністю. Системи автоматичного керування (САК) – це сукупність технологічних засобів, програмного забезпечення та математичних методів, що забезпечують керування та контроль параметрів технологічних об'єктів, що автоматизуються відповідно до задачі.

Завданням магістерської дисертації є дослідження процесу депарафінізації мастил із використанням розчинників, розробка системи автоматизації та оптимізація процесу з метою підвищення якості продукції та раціонального використання сировинних ресурсів.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ПРОЦЕС ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ МАСТИЛ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОЗЧИННИКІВ ЯК ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ

1.1. Основи процесу депарафінізації

Основні вимоги, які пред'являються до нафтопродуктів, полягають у їх рухливості при низьких температурах. Розглянемо процес депарафінізації, мета якого - виділення твердих вуглеводнів, більш докладно. При зниженні температури тверді вуглеводні (парафіни та церезини) кристалізуються з розчинів нафтових фракцій, які утворюють структуровану систему, що зв'язує рідку фазу. Саме цим пояснюється втрата рухливості палив і мастил. В технологію виробництва нафтових масел з низькою температурою застигання включений процес депарафінізації. Потрібно зазначити, що цінною сировиною для виробництва парафінів, церезинів і продуктів на їх основі, є тверді вуглеводні, які небажані в мастилах і паливах.

Зауважимо, що тверді вуглеводні нафтових фракцій, так само як і рідкі, є складною сумішшю парафінових вуглеводнів нормальної будови різної молекулярної маси. На прикладі трьох типів вуглеводнів з однаковим числом атомів вуглецю в молекулі видно, що температура плавлення твердих вуглеводнів залежить від структури їх молекул, але з різними структурою і положенням заступника. Отже, найбільш різко температура плавлення вуглеводнів знижується при переміщенні заступника від першого атома вуглецю в ланцюзі н-алкана до другого (рис. 1.1.). Слід наголосити, що при подальшому переміщенні заступника до центру молекули температура плавлення продовжує знижуватися, причому насичені заступники чинять сильніший вплив на зниження температури плавлення вуглеводнів, ніж фенільні радикали.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

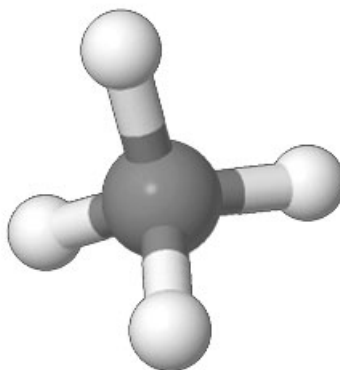


Рис. 1.1. Найпростіший алкан (CH_4)

Зазначимо, що хімічний склад твердих вуглеводнів залежить від температурних меж википання фракції. Тверді парафінові вуглеводні нормальної будови містяться в основному у низькокиплячих масляних фракціях нафти. Отже, з підвищенням меж википання вміст н-алканів знижується, а концентрація ізопарафінових і циклічних вуглеводнів, особливо нафтоєвих, зростає. Основним компонентом твердих вуглеводнів (церезинів) є нафтоєві вуглеводні з бічними ланцюгами, які концентруються в залишку від перегонки мазуту, в меншій кількості в них містяться парафінові і ароматичні вуглеводні з довгими алканільними ланцюгами (рис. 1.2).

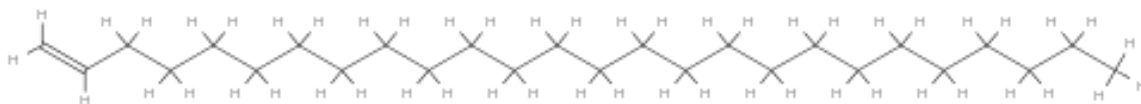


Рис. 1.2. Алканільний ланцюг ($\text{C}_{26}\text{H}_{52}$)

З підвищенням температур википання фракції підвищується їх температура плавлення та зростає загальний вміст твердих вуглеводнів. Можемо констатувати, що сутність процесу депарафінізації полягає в відділенні твердих вуглеводнів від рідкої фази, в зв'язку з чим важливу роль грає їх кристалічна структура, а саме: форма і розмір кристалів, які значною мірою визначають швидкість і чіткість поділу фаз. Велике значення має кристалічна структура не тільки вуглеводнів окремих гомологічних рядів, але

і їх сумішей, оскільки тверді вуглеводні нафти є багатокomпонентною сумішшю.

За допомогою електронної мікроскопії (збільшення в 13 000 разів) досліджено структуру кристалів парафінових, нафтових і ароматичних вуглеводнів, які близькі по температурам плавлення. За результатами проведеного дослідження [2] стало відомо, що вуглеводні всіх рядів при кристалізації з неполярних розчинників, в тому числі і з нафтових фракцій, утворюють кристали орторомбічної форми. У свою чергу вони складаються з паралельних ромбічних площин, іншими словами, кожна нова площа (шар) формується на раніше утвореній.

1.2. Фізико-хімічні основи процесу депарафінізації

Слід зазначити, що процес депарафінізації заснований на різній розчинності твердих і рідких вуглеводнів, а отже, в деяких розчинниках, при низьких температурах, може застосовуватися для масляної сировини будь-якого фракційного складу. Тверді вуглеводні масляних фракцій обмежено розчиняються в полярних і неполярних розчинниках. Як було вище зазначено, розчинність таких вуглеводнів підпорядковується загальній теорії розчинності твердих речовин в рідинах і характеризується наступними положеннями:

- розчинність твердих вуглеводнів зменшується зі збільшенням щільності і температур википання фракції;
- для фракцій, що википають в одному і тому ж температурному інтервалі, розчинність твердих вуглеводнів одного гомологічного ряду зменшується зі збільшенням їх молекулярної маси;
- розчинність твердих вуглеводнів збільшується з підвищенням температури.

Наголосимо, що розчинність вуглеводнів в полярних розчинниках залежить від здатності їх молекул поляризуватися, це пов'язано зі структурними особливостями молекул вуглеводнів. Розчинення твердих

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вуглеводнів в полярних розчинниках відбувається в основному під дією дисперсійних сил, внаслідок малої поляризованості молекул твердих вуглеводнів. Результатом індукційного і орієнтаційної взаємодії є розчинність інших компонентів масляних фракцій, причому дія полярних сил настільки велика, що навіть при низьких температурах ці компоненти залишаються в розчиненому стані. Отже, при зниженні температури вплив дисперсійних сил поступово слабшає, в той час як вплив полярних сил посилюється; в результаті при досить низьких температурах тверді вуглеводні виділяються з розчину і завдяки наявності довгих парафінових ланцюгів зближуються з утворенням кристалів. Розчинник, який застосовується в процесі депарафінізації, повинен виконувати такі функції:

- при температурі процесу розчиняти рідкі і не розчиняти тверді вуглеводні сировини;
- забезпечувати мінімальну різницю між температурами депарафінізації (кінцевого охолодження) і застигання депарафінованого мастила і сприяти утворенню великих кристалів твердих вуглеводнів. Згадана різниця температур називається температурним ефектом депарафінізації (ТЕД);
- мати не надто високу і не дуже низьку температуру кипіння, так як висока температура кипіння призводить до підвищення енергетичних витрат і сприяє окисленню вуглеводнів при регенерації розчинника, низька – викликає необхідність проведення процесу при підвищеному тиску;
- мати низьку температуру застигання, щоб не кристалізуватися при температурі депарафінізації і не забивати фільтрувальну тканину;
- бути корозійно-неагресивним;
- бути доступним, по можливості дешевим і прийнятним з точки зору санітарних норм.

Для усунення ускладнень і обмежень можливостей процесів депарафінізації, що викликаються високою в'язкістю рідкої фази, вдаються до зниження в'язкості даних продуктів шляхом розбавлення розчинниками. Для найбільш високого зниження в'язкості при мінімальній витраті

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

розчинника намагаються брати найбільш малов'язкі вуглеводневі продукти, в якості яких застосовують легкі вузькі фракції бензинів (нафта), гексан, гептан. При апаратному оформленні процесу використовують зріджені нафтові гази, головним чином рідкий пропан, це дозволяє проводити всі основні технологічні операції під підвищеним тиском.

На нашу думку, застосування розріджувачів значення в'язкості вихідної сировини відходить на другий план, тому що це дозволяє розширити асортимент сировини, що переробляється і проводити депарафінізацію навіть таких високов'язких продуктів, якими є важкі залишкові масла. Розведення сировини розчинниками дозволяє також знизити температуру депарафінізації, оскільки пов'язане зі зниженням температури зростання в'язкості рідкої фази може бути ліквідовано підвищенням розведення. Отже, можливість зниження температури депарафінізації дозволяє повніше витягувати парафін і отримувати депарафінований продукт зі значно більш низькими температурами застигання, ніж при депарафінізації без розчинників [2].

Враховуючи, що депарафінізація найбільш дорогий та складний процес у виробництві нафтових мастил, ефективність цього процесу залежить від розміру кристалів, які утворюються при охолодженні цільової речовини, а також під час відділення мастила від гачу та парафінів [3].

1.3. Технологія процесу депарафінізації мастила інертним газом

На рис. 1.3. зображено технологічну схему процесу депарафінізації інертним газом.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

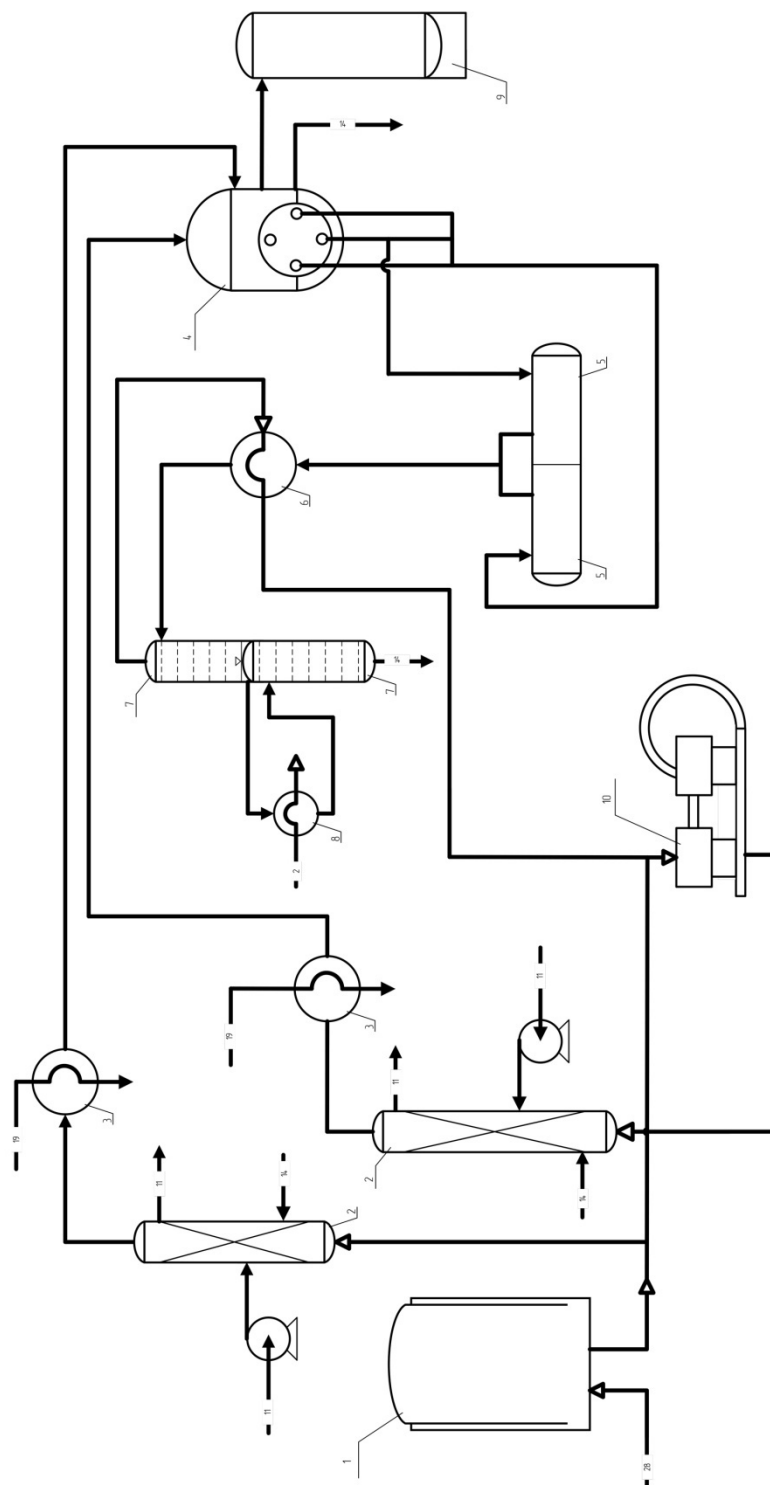


Рис. 1.3. Технологічна схема депарафінації інертним газом, де:

- 1 – газгольдер; 2 – кристалізатор; 3 – етановий холодильник; 4 – барабанний фільтр;
 5 – вакуум-приймач фільтратів; 6 – теплообмінник; 7 – колона для регенерації розчинника;
 8 – паровий підігрівач; 9 – приймачі гача; 10 – вакуум-компресор.

У процесі депарафінації інертний газ зберігається в газгольдері (1). Інертний газ надходить у кристалізатор (2), де змішується з мастилом (для

якого газ є розчинником). У кристалізаторі суміш мастила та розчинника починає охолоджуватись та утворюються перші кристали твердих вуглеводнів. Після утворення кристалів, суміш прямує на подальше охолодження у етановий холодильник (3), де тверді вуглеводні повністю кристалізуються. Далі суміш надходить у барабанний фільтр (4), який під тиском відділяє тверді частинки від мастила. Тверді вуглеводні збираються у приймачі гачу (9), залишки розчинника надходять на регенерацію, спочатку у вакуум-приймач фільтратів (5), потім через теплообмінник (6), у колону регенерацію розчинника (7). У колоні регенерації газ збирається зверху колони та через теплообмінник подається у вакуум-компресор (8), та повертається знову у систему [1].

1.4. Аналіз кристалізатора як об'єкта автоматизації, види кристалізаторів та їхні характеристики

Кристалізатор – апарат неперервної дії, на вхід апарату безперервно подаються вхідні речовини (основна та холодоагент), на виході апарату безперервно відводиться вихідний продукт.

У процесі депарафінізації інертним газом, кристалізатор – це основний апарат процесу, тому що в ньому відбувається кристалізація твердих вуглеводнів які необхідно відділити.

Кристалізатор належить до апаратів з розподіленими параметрами керування.

По типу технологічного процесу, в кристалізаторі відбуваються хімічні процеси, що характеризуються утворенням нових речовин, які відрізняються від вхідних за будовою речовини при збереженні загального числа атомів.

Для економічного протікання процесу потрібно підтримувати певне співвідношення цільової сировини та розчинника, яке залежить від фракційного і хімічного складу сировини, її в'язкості та природи розчинника. Ступінь розбавлення сировини розчинником істотно впливає на кристалізацію твердих вуглеводнів, а розмір і агрегація кристалів – на вихід

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

депарафінованого мастила, температурний ефект депарафінізації (ТЕД), кінцеву температуру охолодження, швидкість охолодження і фільтрації.

При малій кратності розчинника до сировини, в'язкість сировини знижується недостатньо, що веде до утворення додаткових центрів кристалів, та утворення дрібних кристалів, які важко фільтрувати. Занадто велике розбавлення сировини розчинником, знижує концентрацію твердих вуглеводнів у розчині, при цьому утворюються нові центри кристалів, в результаті чого зменшуються кінцеві розміри кристалів.

Чим вище температурні межі википання фракції, тим вище її в'язкість, отже при інших однакових умовах потрібна більша кратність розбавлення. Для депарафінізації дистилятних рафінатів кратність розчинника до сировини повинна становити 3:1 відповідно.

Отже треба підтримувати певне співвідношення сировини до розчинника, та керувати подачею холодоагенту для підтримки заданої температури кристалізації.

Після процесу депарафінізації, утворюються декілька речовин: мастило, гач (сирий парафін) та регенований розчинник. Серед цих речовин найбільшу небезпеку має розчинник, оскільки розчинник – легкозаймисті речовини (рідкий пропан, легкі фракції бензину).

Розглянемо скребкові кристалізатори [2]. На установках депарафінізації з застосуванням розчинників процес кристалізації твердих вуглеводнів зазвичай здійснюється в горизонтальних багатосекційних скребкових кристалізаторах, що представляють собою теплообмінники типу «труба в трубі» (рис. 1.4).

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

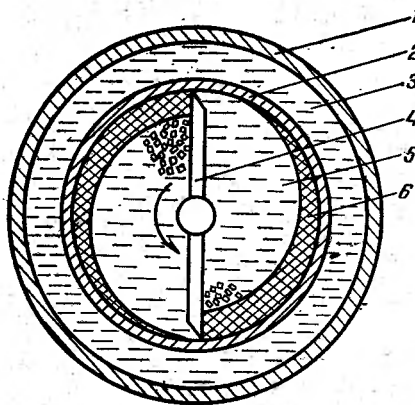


Рис. 1.4. Секція скребкового кристалізатора: 1 – зовнішня труба; 2 – внутрішня труба; 3 – холодоагент; 4 – скребок; 5 – суспензія сировини; 6 – шар твердої фази

Кристалізатори розділяють на регенеративні, в міжтрубних просторах яких рухається рідина, що охолоджує фільтрат, а також на аміачні, пропанові та етанові, в яких охолодження відбувається за рахунок випаровування відповідно аміаку, пропану й етану. В регенеративних кристалізаторах суспензія сировини 5 проходить по внутрішніх трубах 2, а холодоагент 3 рухається протитоком до розчину сировини у міжтрубному кільцевому просторі. Для усунення відкладення кристалів твердих вуглеводнів 6, знижують коефіцієнт теплопередачі і зменшують вільний перетин внутрішніх труб 2, де розташований обертовий вал з металевими скребками 4.

Вал приводиться в рух за допомогою електромотора, привід – загальний для всіх валів кристалізатора. Частота обертів скребків 10-12 хв⁻¹. У скребкових кристалізаторах може бути різне число секцій (10 або 12), кожна з яких складається з однієї зовнішньої і однією внутрішньої труби. поверхня охолодження одного кристалізатора дорівнює відповідно 70 або 84 м² по зовнішньому діаметру внутрішньої труби. Кристалізатори, в яких охолодження здійснюється в результаті випаровування холодоагенту, встановлюються під кутом 7° і відрізняються від регенеративних кристалізаторів способом підведення останнього.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ

Арк.

18

Кристалізатор змішування представляє собою колону (рис. 1.5), розділену перегородками (4) на секції, в кожену з яких подається охолоджений розчинник.

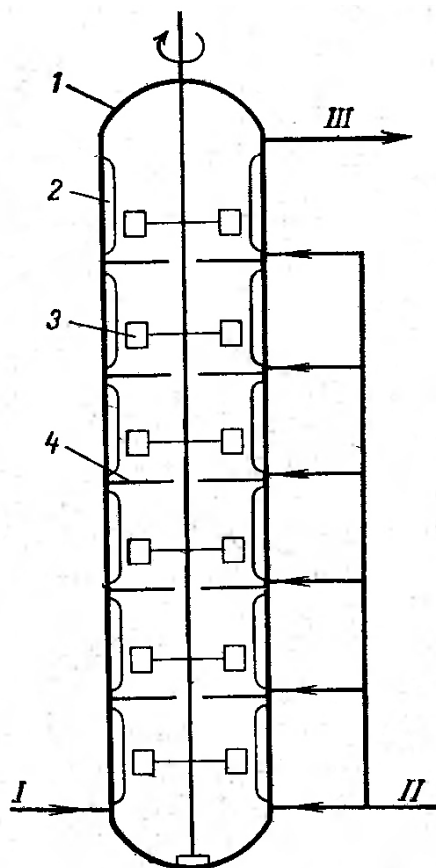


Рис. 1.5. Кристалізатор змішування: 1 – корпус; 2 – відбивач; 3 – перемішувальний пристрій; 4 – перегородка. Лінії: I – сировина; II – холодний розчинник; III – суспензія.

У кристалізаторах цього типу, кристалізація твердих вуглеводнів здійснюється при безпосередньому змішуванні сировини з попередньо охолодженими порціями розчинника. Сировина (I) і перша порція розчинника вводяться в нижню частину кристалізатора. Обидві рідини контактують за допомогою змішувальних пристроїв(3); приводом валу служить електромотор. До корпусу (1) прикріплені відбивачі (2), що сприяють кращому перемішуванню сировини з розчинником. Зверху кристалізатора виводиться суспензія твердих вуглеводнів (III). При такому способі кристалізації утворюються великі роз'єднані кристали твердих

вуглеводнів, що збільшує швидкість поділу суспензії на фільтрах і зменшує вміст мастила в твердій фазі [8].

1.5. Види фільтрів та їхні характеристики

Для відділення кристалів парафіну і церезину від розчину масла застосовують барабанні обертові фільтри двох типів: вакуумні й ті, що працюють під тиском. Вакуумні фільтри складаються з обертового барабана (частота обертання 1–3 хв⁻¹), обтягнутого фільтрувальною тканиною і розподільного пристрою. Барабан вмонтований в корпус фільтра. Між фільтрувальною тканиною і поверхнею барабана є кільцева порожнина, розділена по колу поздовжніми перегородками на 30 секцій, які не з'єднуються між собою. Кожна секція кількома трубками з'єднана з розподільним пристроєм, за допомогою якого і здійснюється зміна циклів процесу фільтрування. Між барабаном і тканиною в кожній секції покладено два шари сітки з великими і дрібними осередками, що сприяє рівномірному стоку фільтрату через трубки. Фільтрувальна тканина закріплена в спеціальних пазах поздовж їхніх перегородок. По колу вона притиснута до барабану міцним дротом. Корпус фільтра ретельно ізольований пробкою [2].

1.6. Аналіз існуючих систем управління кристалізатором

Для процесу кристалізації, головною метою є отримання кристалів певного розміру в сировині. Щоб визначити потрібний розмір можна скористатись формулою:

$$\eta = \frac{dr}{dt} = K \cdot (C^n - C^*) \quad (1.1)$$

де:

$$K = K_0 \cdot \exp \left(-\frac{E_a}{R \cdot \theta} \right) \quad (1.2)$$

r – радіус кристалу, м; t – час, с; K , K_0 – константи; C^n , C^* – концентрації перенасиченого та насиченого розчину, кг/м³; E_a – енергія активації, кДж/кг; θ – температура, К; R – універсальна газова постійна, кДж/кг*К.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підставі (1.1) и (1.2) – діаметр кристалу можна представити наступним чином:

$$d_{кр} = f(\Delta C, \theta) \quad (1.3)$$

З останнього виразу зрозуміло, що заданий розмір кристалу можна забезпечити стабілізацією θ при умові $\Delta C = const$.

У роботі [4] наведена система керування кристалізатором (рис.1.6). Така система забезпечує керування температурою сировини за допомогою витрати холодоагенту. Також в цій системі стабілізується витрата сировини та встановлений контроль рівня в апараті.

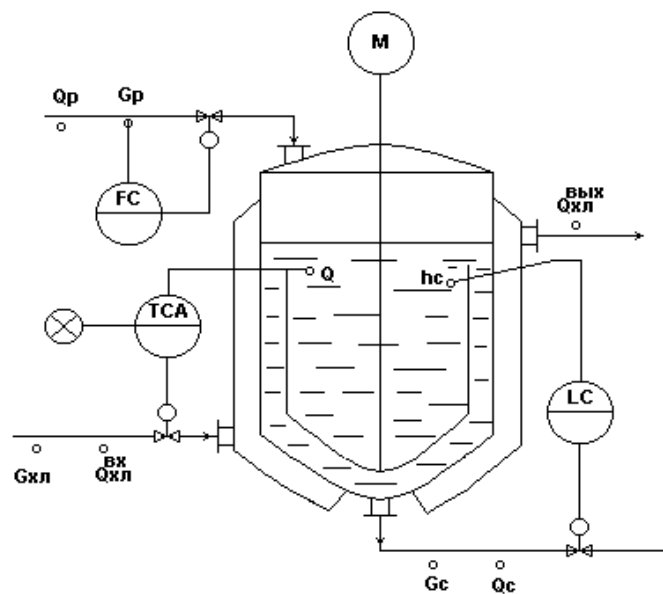


Рис. 1.6. Система автоматичного керування кристалізатором:

FC – регулятор витрати; LC – регулятор рівня; TCA – регулятор температури з сигналізацією; М - двигун

У роботі [5] наведена інша система керування кристалізатором з виносним холодильником (рис.1.7.).

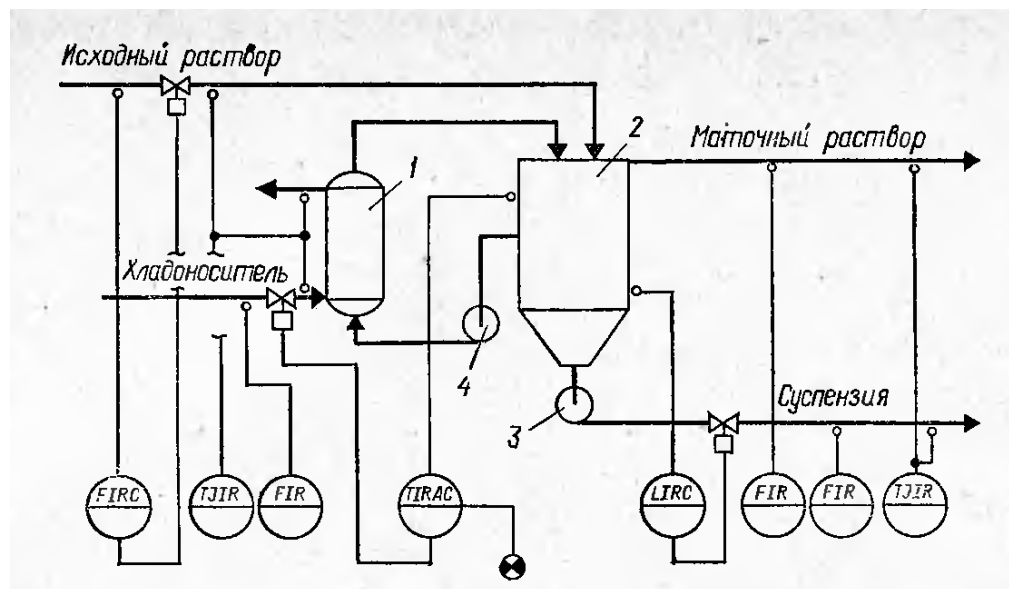


Рис. 1.7. Система автоматичного керування кристалізатором:

1 – холодильник; 2– кристалізатор; 3 – насос суспензії; 4 – циркуляційний насос;

FIRC – регулятор витрати з індикацією та реєстрацією; LIRC – регулятор рівня з індикацією та реєстрацією; TIRAC – регулятор температури з сигналізацією, індикацією та реєстрацією.

У цій системі багато параметрів змінюються в часі, тому для забезпечення сталості температури в апараті необхідні відповідні регулюючі дії. Найбільш зручним з них є зміна витрати холодоносія.

Інтенсивність охолодження розчину при постійній температурі в апараті буде визначатися швидкістю проходження розчину через апарат. Для підтримки постійної температури стабілізують витрата розчину.

Інтенсивність перемішування розчину в кристалізаторі при використанні насоса з постійними характеристиками можна вважати постійною.

Концентрація твердої фази у вихідному розчині, температура його і наявність домішок є початковими параметрами процесу, обумовленими попереднім технологічним процесом. Їх зміни будуть призводити до порушення технологічного режиму кристалізації.

З розглянутих схем автоматизації, найкраще підходить система з кристалізатором змішування, яка враховує регулювання подачі сировини та контроль температури.

1.7. Постановка задач дослідження

Після аналізу технологічного процесу, та існуючих систем керування, можна дійти висновку, що необхідно розробити систему автоматизації процесу депарафінізації мастил із використанням розчинників, з урахуванням особливостей процесу, а саме забезпечення якості продукції. Це дозволить підвищити якість продукції, та зменшить супутні витрати. Керування процесом повинно відбуватись за рахунок сучасних засобів автоматизації, та використання тих регуляторів, які забезпечать найкраще протікання процесу.

Для виконання поставлених задач потрібно:

- розробка системи автоматизації процесу депарафінізації мастил з застосуванням розчинників на основі сучасних технічних засобів;
- розробка систем аварійної сигналізації, технологічного блокування та дистанційного курування електродвигунами;
- ідентифікація моделі кристалізатора;
- розробка системи керування кристалізатора та фільтру;
- розробка стартап-проекту.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ МАСТИЛ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗЧИННИКІВ

2.1. Параметри контролю та керування виробництва

Основною метою в розробці системи автоматизації є контроль температури на заданому рівні в кристалізаторах. Корегування температури може відбуватися по показникам розміру кристалів. Також необхідно підтримувати співвідношення витрати розчинника до витрати мастила. На інших етапах процесу депарафінації потрібно забезпечити контроль та керування температурою, витратою та частотою.

На основі аналізу особливостей технологічного процесу депарафінації мастил з використанням розчинників слід передбачити автоматичний контроль та керування таких параметрів:

Витрату мастила, що надходить до кристалізатора 2;

Співвідношення витрати розчинника до мастила, що надходить до кристалізатора 2;

Керування витратою розчинника що надходить до кристалізатора 2;

Витрату аміаку, що надходить до кристалізатора 2 (50 м³/год);

Контроль та керування температурою суміші в кристалізаторі 2 (35 °C);

Розмір утворених кристалів парафінів в кристалізаторі 2;

контроль та керування температурою суміші після етанового холодильника 3 (5 °C);

Витрату суміші, що надходить до барабанного фільтру 4;

Керування частоту обертання двигуна барабанного фільтру 4 (0,5-3 об/хв.);

В'язкість мастила на виході з барабанного фільтру 4;

Тиск розчинника, що надходить у вакуум-приймач фільтратів 5;

Тиск розчинника у колоні регенерації 7;

Керування температурою фільтратів, що виходить з парового підігрівача 8;

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В'язкість мастила на виході з колони регенерації 7;
Тиску аміаку після насосу 33, 35;
Тиск розчинника після вакуум-компресора 10.

2.2. Розробка схеми автоматизації

Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, збільшення продуктивності, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю технологічних параметрів розроблено схему автоматизації, яка покликана вирішувати всі ці завдання і показана на схемі

ЛА72мп.11.МД.00.000 СхА. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю режимних параметрів технологічного процесу.

Контур 1 – контроль витрати аміаку на вході в кристалізатор. Включає в себе: діафрагма камерна (1А); дифманометр безшкальний (1Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) з функцією лічильника, відображення на ПК.

Контур 2 – контроль та керування співвідношення витрати розчинника до витрати мастила на вході в кристалізатор. Включає в себе: діафрагма камерна (2А); дифманометр безшкальний (2Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В); блок ручного управління (2В); перетворювач електропневматичний (2Г); механізм виконавчий (2Д), встановлений на потоці 28 (розчинник).

Контур 3 – контроль витрати мастила на вході в кристалізатор. Включає в себе: діафрагма камерна (3А); дифманометр безшкальний (3Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) з функцією лічильника, відображення на ПК.

Сигнали 2Б та 3Б надходять до контролера 1В де вираховується співвідношення витрат, та керувальний вплив надходить до виконавчого механізму 2Д.

Контур 4 – контроль та керування температури суміші в кристалізаторі.

					ЛА72мп.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Включає в себе: термоперетворювач опору (4А); перетворювач нормувальний з дистанційною передачею сигналу (4Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В); блок ручного управління (4В); перетворювач електропневматичний (4Г); механізм виконавчий (4Д) встановлений на потоці 11 (рідкий аміак).

Контур 5 – контроль та корегування розміру частинок в кристалізаторі. Включає в себе: зонд датчик *ParticleTrack G600* (5А); блок обчислень (5Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В). Використовують для корекції завдання регулятору температури у контурі 4.

Контур 6 – контроль витрати мастила на вході в кристалізатор. Включає в себе: діафрагма камерна (6А); дифманометр безшкальний (6Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В).

Контур 7 – контроль та керування співвідношення витрати розчинника до витрати мастила на вході в кристалізатор. Включає в себе: діафрагма камерна (7А); дифманометр безшкальний (7Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В); блок ручного управління (7В); перетворювач електропневматичний (7Г); механізм виконавчий (7Д) встановлений на потоці 28 (розчинник).

Сигнали 6Б та 7Б надходять до контролера 1В де вираховується співвідношення витрат, та керувальний вплив надходить до виконавчого механізму 7Д.

Контур 8 – контроль та корегування розміру частинок в кристалізаторі. Включає в себе: зонд датчик *ParticleTrack G600* (8А); блок обчислень (8Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В). Використовують для корекції завдання регулятору температури у контурі 9.

Контур 9 – контроль та керування температури суміші в кристалізаторі. Включає в себе: термоперетворювач опору (9А); перетворювач нормувальний з дистанційною передачею сигналу (9Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В); блок ручного управління (9В); перетворювач електропневматичний (9Г); механізм виконавчий (9Д)

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлений на потоці 11 (рідкий аміак).

Контур 10 – контроль витрати аміаку на вході в кристалізатор. Включає в себе: діафрагма камерна (10А); дифманометр безшкальний (10Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) з функцією лічильника, відображення на ПК.

Контур 11 – автоматичний контроль та керування температури суміші після етанового холодильника. Включає в себе: термоперетворювач опору (11А); перетворювач нормувальний з дистанційною передачею сигналу (11Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В); блок ручного управління (11В); перетворювач електропневматичний (11В); механізм виконавчий (11Д) встановлений на потоці 19 (етан).

Контур 12 – автоматичний контроль та керування температури суміші після етанового холодильника. Включає в себе: термоперетворювач опору (12А); перетворювач нормувальний з дистанційною передачею сигналу (12Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В); блок ручного управління (12В); перетворювач електропневматичний (12Г); механізм виконавчий (12Д) встановлений на потоці 19 (етан).

Контур 13 – контроль тиску в колоні регенерації. Включає в себе: вимірювальний тензоперетворювач тиску (13А); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) , відображення на ПК.

Контур 14 – контроль та керування температури в колоні для регенерації розчинника. Включає в себе: термоперетворювач опору (14А); перетворювач нормувальний з дистанційною передачею сигналу (14Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В); блок ручного управління (14В) перетворювач електропневматичний (14Г); механізм виконавчий (14Д) встановлений на потоці 2 (пар).

Контур 15 – контроль в'язкості мастила після колони регенерації. Включає в себе: віскозиметр ротаційний показувальний, з дистанційною передачею сигналу (15А); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В), відображення на ПК.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контур 16 – контроль тиску та сигналізації у вакуум-приймачі фільтратів (секція А). Включає в себе: вимірювальний тензоперетворювач тиску (16А); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) , відображення на ПК.

Контур 17 – контроль тиску та сигналізації у вакуум-приймачі фільтратів (секція Б). Включає в себе: вимірювальний тензоперетворювач тиску (17А); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) , відображення на ПК.

Контур 18 – контроль та керування частоти обертання двигуна у барабанному фільтрі. Керування відбувається з врахуванням суми витрат речовин на вході у фільтр. Включає в себе: вимірювач частоти обертання (18А); перетворювач нормувальний з дистанційною передачею сигналу (18Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) , відображення на ПК.

Контур 19 – контроль витрати суміші на вході в барабанний фільтр. Включає в себе: діафрагма камерна (19А); дифманометр безшкальний (19Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) , відображення на ПК.

Контур 20 – контроль витрати суміші на вході в барабанний фільтр. Включає в себе: діафрагма камерна (20А); дифманометр безшкальний (20Б); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) , відображення на ПК.

Сигнали від 19Б та 20Б підсумовуються у контролері 1В, сигнал пропорційний сумі надходить як корекція завдання на регулятор контуру 18.

Контур 21 – контроль та сигналізація тиску в трубопроводі до фільтру. Включає в себе: вимірювальний тензоперетворювач тиску (21А); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) , відображення на ПК.

Контур 22 – контроль та сигналізація тиску в трубопроводі після фільтру та перепаду тисків на вході та виході фільтру. Включає в себе:

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювальний тензоперетворювач тиску (22А); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В) , відображення на ПК. Функцію різниці сигналів контурів 21 та 22 виконує мікроконтролер.

Контур 23 – контроль в'язкості мастила після колони регенерації. Включає в себе: віскозиметр ротаційний показувальний, з дистанційною передачею сигналу (23А); мікропроцесорний контролер *Siemens SIMATIC S7-400* (1В), відображення на ПК.

2.3. Технічні засоби вимірювання розміру частинок

Для того щоб спостерігати за якістю процесу кристалізації, потрібно вимірювати розмір кристалів які утворюються. Засіб який можна використати для цього – *ParticleTrack G600*.

ParticleTrack G600 пристрій з технологією *FBRM* (вимірювання відображення сфокусованого променя) – для відстеження в режимі реального часу змін у кількості та розмірах частинок.

Розміри та кількість часток безпосередньо впливають на ефективність багатофазних процесів, у тому числі процесів кристалізації, емульгації та флокуляції. Контролюючи розмір і кількість часток у режимі реального часу, можна вивчати, оптимізувати і масштабувати процеси, використовуючи для цього емпіричні методи.

Неперервний моніторинг часток за ступенем зміни умов експерименту дозволяє визначити вплив параметрів процесу на розмір і кількість часток. Цю унікальну інформацію можна використовувати для планування процесів, які будуть давати частки з оптимальними властивостями.

Датчик під кутом поміщають безпосередньо в технологічний потік так, щоб частинки могли легко проходити через отвір датчика, в якому відбувається вимір. По трубці датчика через комбінацію оптичних елементів пропускається лазерний промінь, який потім фокусується в точку на поверхні сапфірового вікна. Оптичні елементи обертаються з

фіксованою швидкістю (зазвичай 2 м/с), в результаті пляма лазера швидко пробігає по часткам, коли вони проходять повз вікна.

У міру того як сфокусований промінь лазера проходить по системі частинок, окремі частинки будуть відображати лазерне випромінювання назад в сторону датчика. Датчик приймає і підраховує ці імпульси, а потім перетворює в відстань для кожної частки шляхом простого розрахунку: швидкість сканування множиться на ширину імпульсу.

Це відстань визначається як довжина хорди - фундаментальна характеристика частинки, пов'язана з її розміром. Прилад підраховує і вимірює тисячі частинок в секунду, що дозволяє формувати точне і високочутливі розподіл довжини хорди в режимі реального часу.

Розподіл довжини хорди відстежує те, як розміри і число частинок змінюються від початку і до кінця процесу. На підставі статистики з кожного розподілу довжини хорди, наприклад, повторюваності в класах дрібних і великих розмірів, можна аналізувати тенденції змін [6].

На рис.2.1. можна побачити сам пристрій.

					<i>ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.1. Технічний засіб *ParticleTrack G600*

ParticleTrack G600 складається з двох частин:

- зонду – трубка яка безпосередньо розміщується у трубопроводі або технологічному апараті (рис.2.2);
- блоку обчислення – блок отримує данні із зонду, обчислює їх та передає на комп'ютер (рис.2.3).

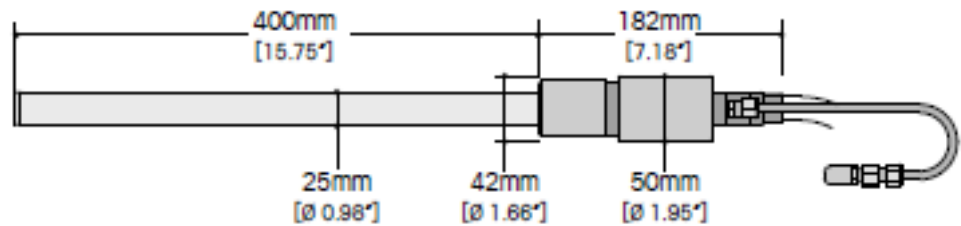
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ

Арк.

31

G600R Probe Dimensions



G600T/G600P/G600X Probe Dimensions

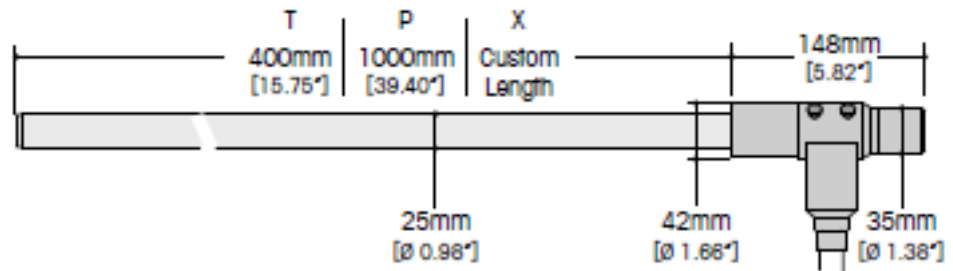


Рис.2.2. Трубка технічного засобу *ParticleTrack G600*

G600 Base Unit Dimensions

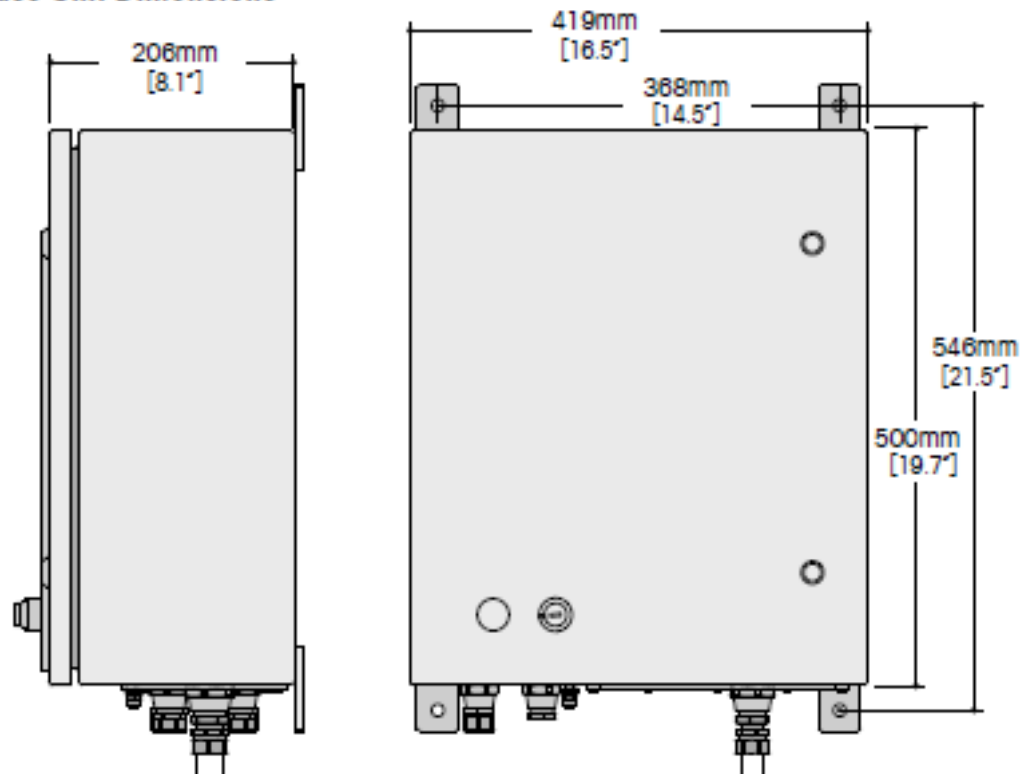


Рис.2.3. Блок технічного засобу *ParticleTrack G600*

Щоб пристрій правильно функціонував потрібно дотримуватись наступних вимог:

- проводити планове технічне обслуговування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ

Арк.

32

- діапазони температур, тиску, витрати повинні відповідати технічним вимогам
- очікуваний розмір часток повинен відповідати технічним вимогам
- правильне розташування та орієнтація датчика (рис.2.4)

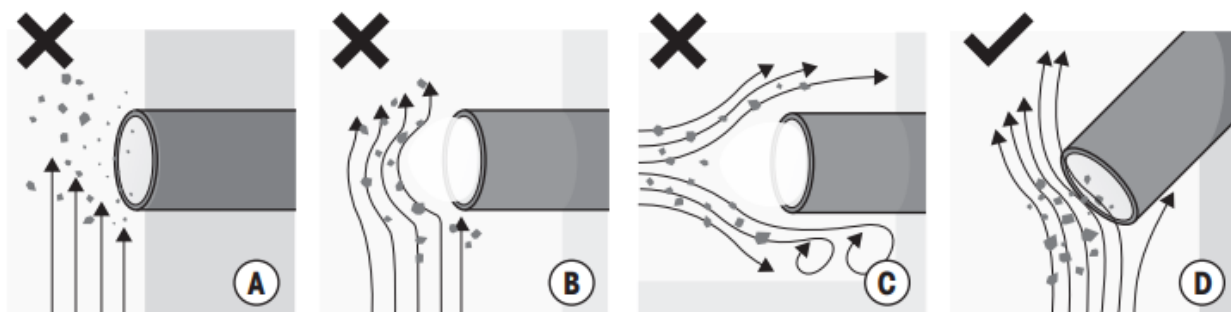


Рис.2.4. Розташування датчика *ParticleTrack G600*

Згідно рисунку 2.4. можна сказати що правильна орієнтація датчика – 45° відносно потоку процесу. Всі інші варіації встановлення неправильні та не дадуть правильних показань [6].

Підключення датчику відбувається не на пряму а через розширювач оптоволокну-USB. Схема підключення зображено на рис.2.5.

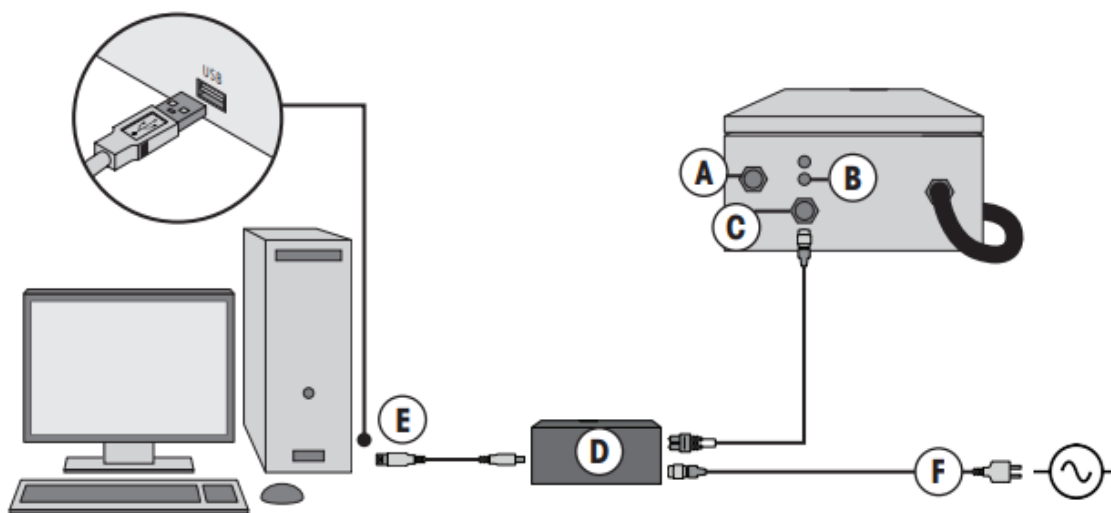


Рис.2.5. Схема підключення *ParticleTrack G600*

де, А) Живлення; В) Вхід повітря до зондового датчика; С) Підключення оптоволоконна; D) Розширювач оптоволокну-USB; Е) USB з'єднання з комп'ютером F) Живлення розширювача

2.4. Опис мікропроцесорного промислового контролера

Для забезпечення контролю та керування параметрами у процесі депарафінізації мастил з використанням розчинників, необхідно встановити мікроконтролери у система автоматизації. В нашому випадку були застосовані мікроконтролери фірми *Siemens SIMATIC S7-400* (рис.2.6.)[7].



Рис.2.6. Мікроконтролер *Siemens SIMATIC S7-400*

SIMATIC S7-400 – це модульний програмований контролер, призначений для побудови систем автоматизації середнього і високого ступеня складності. Модульна конструкція, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального і розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного управління в різних областях промислового виробництва.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Ефективному застосуванню контролерів сприяє можливість використання декількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкої гами модулів вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів, функціональних модулів і комунікаційних процесорів.

2.4.1. Конструкція мікропроцесорного промислового контролера

SIMATIC S7-400 є універсальним контролером. Він відповідає жорстким вимогам промислових стандартів, має високий ступінь електромагнітної сумісності, високою стійкістю до ударних і вібраційних навантажень. Установка і заміна модулів контролера, а також підключених до нього станцій систем розподіленого вводу-виводу може здійснюватися без відключення живлення ("гаряча заміна").

SIMATIC S7-400 має модульну конструкцію. Він може комплектуватися широким спектром модулів, що встановлюються в монтажних стійках в будь-якому порядку. Система включає до свого складу:

- Модулі блоків живлення (PS): використовуються для підключення *SIMATIC S7-400* до джерел живлення = 24/48/60/120/230 В або ~ 120/230 В.

- Модулі центральних процесорів (CPU): в складі контролера можуть використовуватися центральні процесори різної продуктивності. Всі центральні процесори оснащені вбудованими інтерфейсами MPI і PROFIBUS DP, деякі моделі - вбудованим інтерфейсом PROFINET. При необхідності, в базовому блоці контролера може бути використано до 4 центральних процесорів.

- Сигнальні модулі (SM): для введення-виведення дискретних і аналогових сигналів.

- Комунікаційні модулі (CP): для організації послідовної передачі даних через PtP інтерфейс, побудови систем розподіленого вводу-виводу на основі PROFIBUS DP і PROFINET IO, обміну даними через промислові мережі PROFIBUS, PROFINET і Industrial Ethernet, а також через Internet.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- Функціональні модулі (FM): для вирішення типових завдань управління, до яких можна віднести швидкісний рахунок, позиціонування, автоматичне регулювання і т.д.

При необхідності в складі S7-400 можуть бути використані:

- Інтерфейсні модулі (IM): для побудови систем локального і розподіленого вводу-виводу.

- Модулі SIMATIC S5: всі модулі введення-виведення контролерів SIMATIC S5-115U / -135U / -155U можуть встановлюватися в відповідні стійки розширення SIMATIC S5. Крім того, модулі спеціального призначення IP і WF можуть використовуватися як в стійках SIMATIC S5, так і в базовому блоці контролера SIMATIC S7-400. В останньому випадку підключення модулів до внутрішньої шини контролера S7-400 виконується через адаптер.

Простота конструкції S7-400 істотно підвищує його експлуатаційні характеристики:

- Простота установки модулів. Модулі встановлюються в вільні роз'єми монтажних стійок і фіксуються в робочих положеннях гвинтами. Фіксовані місця займають тільки блоки живлення і деякі інтерфейсні модулі.

- Внутрішня шина, вбудована в монтажні стійки. У всі монтажні стійки вбудована паралельна шина (Р-шина) для швидкісного обміну даними з сигнальними і функціональними модулями. Всі стійки, за винятком ER1 і ER2 мають послідовну комунікаційну шину (К-шину) для швидкісного обміну великими обсягами даних з функціональними модулями і комунікаційними процесорами.

- Механічне кодування фронтальних з'єднувачів, що виключає можливість виникнення помилок при заміні модулів.

- SIMATIC TOP Connect: система 1-, 2- і 3-провідних з'єднувачів з термінальними блоками, оснащеними контактами з гвинтовими зажимами або пружинними контактами, істотно спрощує і прискорює виконання монтажних робіт.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- Фіксована монтажна глибина: все фронтальні з'єднувачі і сполучні провідники розташовуються в спеціальних відсіках модулів і закриваються захисними дверцятами. Всі модулі мають однакову монтажну глибину.

- Вільне розміщення модулів в роз'ємах всіх монтажних стійок контролера без обмежень на порядок їх розміщення.

2.5. Дистанційне керування і аварійний захист електричних двигунів

2.5.1. Постановка задачі з керування і захисту електродвигунів в схемі процесу депарафінізації мастил з використанням розчинників

В багатьох технологічних обладнаннях на різних підприємствах використовують електродвигуни. Двигуни мають як електричну, так і механічну систему захисту. На виробництвах робота насосів контролюється технічним персоналом згідно роботи певного процесу. Розробка системи аварійного захисту та технологічних блокувань для технологічного процесу депарафінізації інертним газом є важливою частиною всього процесу та потребує ретельності при встановленні електродвигунів.

При натисненні кнопки включення електродвигуна повинен спрацювати магнітний пускач і замкнутися нормально розімкнутий контакт, який замикає ланцюг цього магнітного пускача. Замикаються також контакт сигналізації включення магнітного пускача і три контакти живлення електродвигуна. У той же час розмикається нормально замкнутий контакт сигналізації виключення магнітного пускача. Захист електродвигуна передбачає термічний захист, що дозволяє відключити двигун при перегріві, а також плавкий запобіжник.

Система автоматичного управління електродвигунами процесу депарафінізації інертним газом повинна забезпечувати: автоматичне відключення мотору від живлення під час аварії або поломки, та технологічне блокування інших електродвигунів, закриття регулювальних клапанів для зупинки подачі сировини, поки не відновиться робота

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

електромотору та не створиться нормальний тиск для подальшого продовження подачі сировини, нормальну роботу процесу депарафінізації інертним газом, захист електродвигуна, що дозволяє відключити двигун при перегріві, а також плавкий запобіжник.

При розробці схеми аварійного захисту електромоторів треба з'ясувати, яка плата КБЗ підключена в приладі ІТМ-11. Тому що плата КБЗ 17-К01 має контакти у вигляді твердотілих реле, які дозволяють підключити дискретний сигнал у вигляді постійного струму і величиною 24V.

Завод «МІКРОЛ» виготовляє плати КБЗ, де дискретні сигнали можна подавати на контакти електромотора реле з напругою 220V. Є третя плата КБЗ, де дискретний сигнал можна подавати на тиристор.

2.5.2. Принципова електрична схема керування і аварійного захисту насосів

Принципова електрична схема з дистанційного керування вмикання та вимикання живлення при роботі електромоторів та їх технологічних блювань процесу синтез депарафінізації інертним газом на кресленні ЛА72мп.11.МД.00.001 СхЕ.

Під час роботи відцентрових насосів дуже часто між корпусом насоса і крильчаткою потрапляють тверді частинки. У результаті цього крильчатка зупиняється і зупиняється електродвигун, що може спричинити вихід його з ладу. У цьому випадку (в разі аварії) повинен спрацювати механічний захист: шпонка між крильчаткою і валом зрізається. При цьому починає наростати число обертів електродвигуна, так як відсутній протидіючий момент навантаження. Тому повинен спрацювати електричний захист. Електричний аварійний захист передбачає автоматичне відключення живлення електродвигуна при виході насоса з ладу. Мікропроцесорний прилад ІТМ-11, в якому використовується твердотільне реле, через контакт якого не можна підключати напругу 220 В. Рекомендується через твердотіле реле ІТМ-11 під'єднувати електромагнітне реле, яке працює на напрузі 24 В від джерела

					ЛА72мп.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

постійного струму. Враховуючи цю особливість в схемах електрозахисту треба використовувати два електромагнітних реле.

Розглянемо роботу електромоторів на прикладі одного МП4. При аварійній зупинці відцентрового насоса замикається контакт *КМ5-1* в приладі і утворюється замкнутий ланцюг живлення для електромагніту *КМ6*. Реле *КМ6* спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти. Контакт *КМ6-1* замикається і вмикається червона сигнальна лампочка *HL10*, яка показує, що аварійне реле захисту спрацювало. Другий контакт аварійного реле *КМ6-2* розмикається і розриває ланцюг живлення для електромагніту магнітного пускача МП4. Після проведення чищення і ремонту відцентрового насоса живлення електродвигуна *М4* включається за допомогою кнопки *SB6*. Так як насос миттєво робочий тиск не набирає, кнопку *SB6* потрібно утримувати натиснутою до тих пір, поки не погаснуть червоні сигнальні лампочки *HL9* і *HL10*, якщо ці лампочки погасли, кнопку *SB6* можна відпускати і ланцюг живлення електромагніту магнітного пускача МП4 проходить через контакт МП4-2. ІТМ-11 на спрацювання на малий тиск (менше робочого). Тоді ІТМ-11 виробляє дискретний сигнал, тобто на платі КБЗ 17К-01 контакт нормально розімкнений замикається і вмикається червона сигнальна лампочка *HL9* і подається струм на обмотку електромагніта *КМ8*. Реле аварійного захисту *КМ6* спрацьовує та інформує про аварійний сигнал, за допомогою якого повинно вимикатись живлення електродвигуна *М4*. Плата КБЗ-17К-01 підключена до мережі через блок живлення БПС 24-2К, який перетворює змінний сигнал мережі 220В в постійний уніфікований сигнал 24В. Через індикатор *HL9*, *HL10* показують спрацювання аварійного захисту падіння(підвищення) тиску в трубопроводі.

2.5.3. Опис роботи схеми технологічних блокувань.

Якщо виникає аварія у відцентрованому насосі і формується сигнал аварійного захисту електродвигуна за допомогою аварійного сигналу, то в цьому випадку повинна спрацювати система технологічних блокувань, яка

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

повинна відключити вихідний сигнал регулятора, тобто регулюючі клапани повинні повністю закрити трубопроводи.

Блокування можуть спрацьовувати в декількох випадках:

1. Відсутність тиску в трубопроводі на виході насоса М2.
2. Відсутність тиску в трубопроводі на виході насоса М3.
3. Відсутність тиску в трубопроводі на виході насоса М4.

Блокування спрацьовує коли замикається контакт приладу, наприклад, (поз. 24А), при малому тиску в трубопроводі після насоса. В наслідок спрацьовує реле *КМ5* ($U_{жив}=24V$) та замикається контакт *КМ5-1* загорається сигнальна лампочка *HL9* далі напруга подається на реле *КМ6*. Після цього замикається контакт реле *КМ6-1* ($U_{жив}=220V$) і загорається лампочка *HL10*, які означають що впав тиск і спрацювало реле *КМ6*. В схемі включення виключення електромоторів розмикаються контакти реле *КМ6-2* і двигун вимикається. Також реле *КМ6* відключає регулятор від клапана: нормально-розімкнутий контакт *КМ6-3* замикається, відключаючи регулятор від клапана і підключаючи його до опору навантаження для того щоб не збилися настройки регулятора. Після регулятор буде формувати сигнал розузгодження і надалі. А клапан закриється чи відкриється в залежності від його виконання. Розглянемо приклад схеми технологічних блокувань (рисунок 2.7).

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

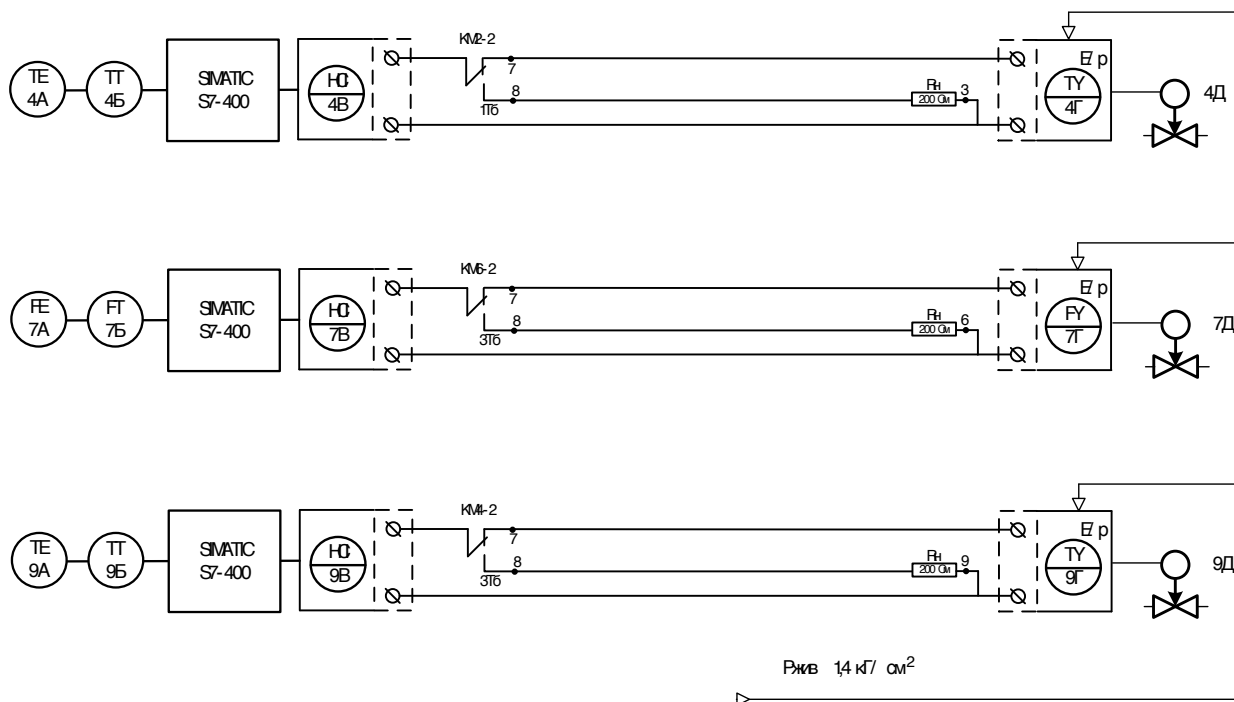


Рис. 2.7 Функціональна схема з технологічного блокування сигналу до регулювального клапану.

На рисунку 2.7 зображено контури які повинні блокуватися під час аварії. Коли відбувається аварія двигуна, спрацьовує реле і блок ручного управління відключається від клапану та підключається до навантаження (200 Ом).

2.5.4. Монтажно-комутаційне з'єднання пристроїв для схеми управління та аварійного захисту електродвигунів

Схема монтажно-комутаційних з'єднань до принципової електричної схеми з дистанційного керування аварійного захисту та технологічних блокувань знаходиться на кресленні ЛА72мп.11.МД.00.002 СхМ.

Клемна колодка X1 LTA12-6.0:

До контактів 1, 2, 3, 4 підведені три фази силової мережі і нуль;

До контактів 5, 6 приєднаний плавкий запобіжник FU4;

До контактів 6, 7 приєднаний автоматичний вимикач FP7;

До контактів 7, 8 приєднаний автоматичний вимикач FP8;

До контактів 8, 9 приєднана кнопка SB5;

До контактів 9, 10 приєднана кнопка SB6;

					ЛА72мп.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

До контактів 10, 11 приєднаний магнітний пускач МП4;

До контактів 11, 12 приєднана кнопка SA4;

Клемна колодка X2 LTA 12-6.0:

До контактів 1, 2, 3 підключено електродвигун;

До контактів 3, 4 приєднано теплове реле FP7;

До контактів 1, 6 приєднано теплове реле FP8;

До контактів 4, 1 (X1 LTA 12-6.0) приєднаний нормально розімкнутий контакт магнітного пускача МП4-4;

До контактів 5, 2 (X1 LTA 12-6.0) приєднаний нормально розімкнутий контакт магнітного пускача МП4-5;

До контактів 6, 3 (X1 LTA 12-6.0) приєднаний нормально розімкнутий контакт магнітного пускача МП4-6;

До контактів 7, 8 приєднано лампочку HL10;

До контактів 8, 9 приєднано нормально розімкнений контакт реле КМ6-1;

До контактів 10, 11 приєднано електромагнітне реле КМ6;

До контактів 10, 11 приєднано лампочку HL9;

До контактів 11, 12 приєднано нормально розімкнутий контакт реле КМ5-1;

До контактів 7 і 12 приєднані нуль і фаза С відповідно.

Клемна колодка X3 LTA 12-6:

До контактів 1, 2 приєднаний нормально розімкнутий контакт магнітного пускача МП4-1;

До контактів 2, 3 приєднано нормально замкнений контакт реле КМ6-2;

До контактів 4, 5 приєднаний нормально замкнений контакт магнітного пускача МП4-2;

До контактів 4,7 приєднаний нормально розімкнутий контакт магнітного пускача МП4-3;

До контактів 5, 6 приєднано лампочку HL11;

					<i>ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До контактів 7, 8 приєднана лампочка HL12;

До контактів 11, 12 приєднаний блок живлення БПС24-2К.

Клемна колодка Х4 LTA 12-6:

До контактів 1, 2, 3, 4 підведені "+" та "-" з блока живлення БПС24-2К;

До контактів 1, 2, 3, 5, 6, 7 приєднана плата КБЗ-17К-01

До контактів 4, 5 приєднаний діод VD5;

До контактів 4, 5 приєднано реле КМ5;

До контактів 6, 7 приєднаний прилад поз. 24А;

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було розроблено систему автоматизації процесом депарафінізації мастил із використанням розчинників, підібрані технічні засоби автоматизації; розроблена система аварійної сигналізації, технологічних блокувань та дистанційного керування електродвигунів.

					<i>ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ДОСЛІДЖЕННЯ КРИСТАЛІЗАТОРА У ПРОЦЕСІ ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ МАСТИЛ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗЧИННИКІВ

У розділі 2 була розроблена система автоматизації процесом депарафінізації мастил з використанням розчинників. Для дослідження кристалізатора потрібно знайти перехідну характеристику та передавальну функцію по каналу керування.

Для отримання математичної моделі об'єкта, можна скористатись аналітичним методом, але кристалізатор складний об'єкт, який буде важко моделювати, та врахувати усі параметри. Тому виконаємо моделювання об'єкта за допомогою обробки експериментальних даних.

3.1. Організація експериментальних досліджень кристалізатора

Щоб визначити математичну модель об'єкта, проведемо експериментальні досліді. Для проведення дослідів ми повинні в ручному режимі виставити завдання та спостерігати за реакцією об'єкта.

У цьому досліді використовується наступна схема автоматизації кристалізатора рис.3.1.

					<i>ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

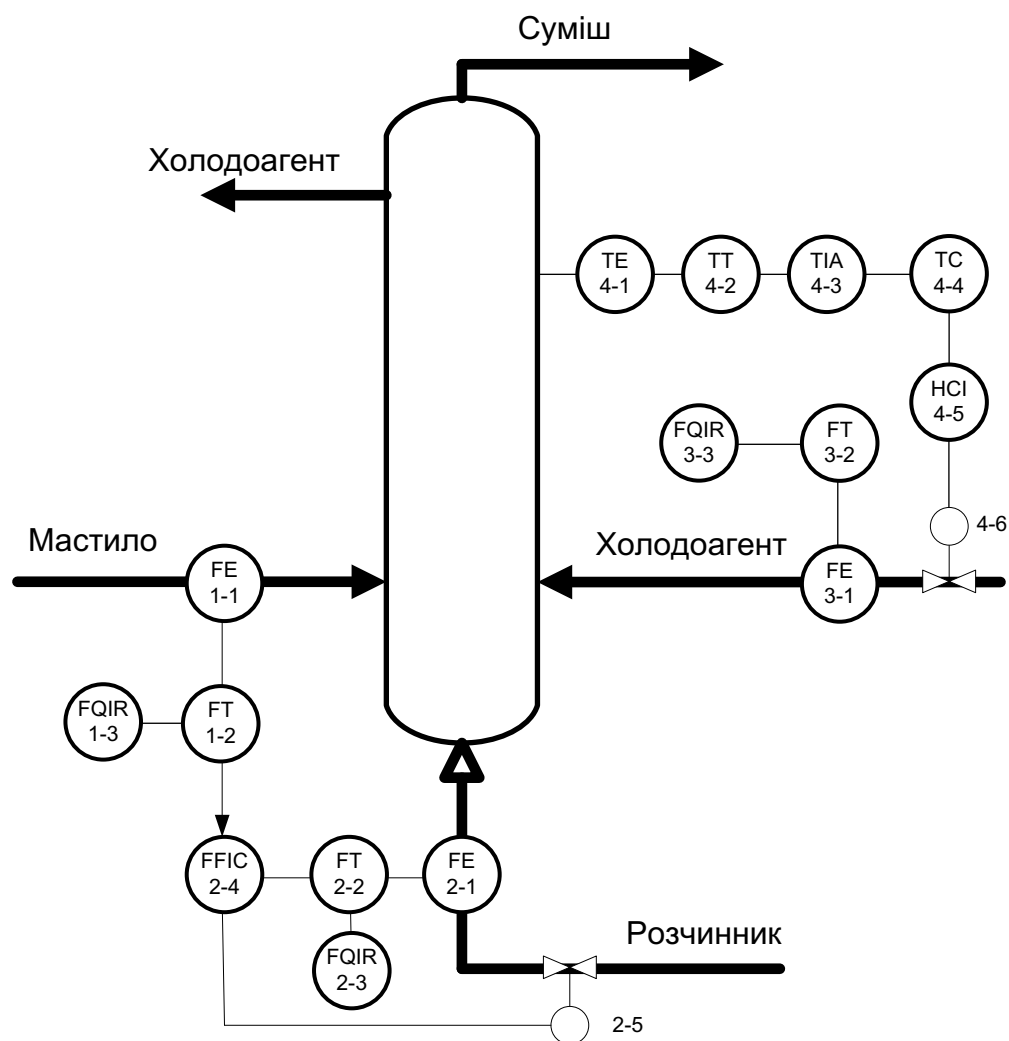


Рис. 3.1. Експериментальна схема керування кристалізатором

У процесі кристалізації, основним керувальним впливом є витрата холодоагенту. Щоб отримати динамічну характеристику, потрібно в ручному режимі зробити сходінку по керуванню. За рахунок від'єднання регулятора та встановлення витрати в ручному режимі, ми дізнаємось реакцію об'єкта на керувальний вплив.

Подачу мастила ми застабілізувати не можемо, але в нас певне співвідношення витрат мастила та інертного газу, тому можливі збурення будуть не значні. Шляхом від'єднання регулятора керування температурою, застабілізуємо витрату холодоагенту, та нанесемо ступінчатий вплив.

Початкова витрата холодоагенту $55 \text{ м}^3/\text{год}$, змінимо її максимально швидко на $50 \text{ м}^3/\text{год}$. З певним проміжком часу будемо знімати показання температури в кристалізаторі. Після того коли система вийшла на усталений

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

режим, ми можемо знову змінювати витрату. На цей раз ми її збільшимо до 55 м³/год, та аналогічно запишемо результати. Графік зміни температури можна побачити на рис.3.2, а графік зміни витрати на рис.3.3.

Зняті експериментальні дані представленні в додатку 1.

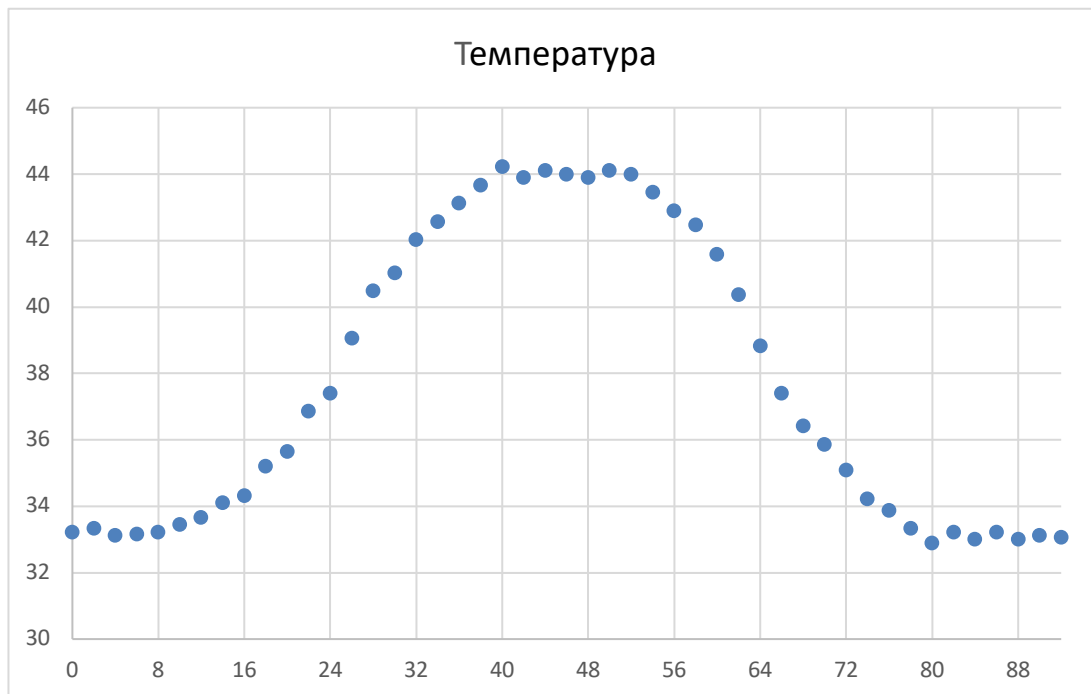


Рис. 3.2. Графік зміни температури



Рис. 3.3. Графік зміни витрати

3.2. Обробка експериментальних досліджень кристалізатора

3.2.1. Статична модель кристалізатора

За даними експерименту можна побудувати статичні та динамічні характеристики. Оскільки для побудовання статичної характеристики, цих даних замало (2 точки), були зібрані додаткові дані під час звичайної роботи апарату з розімкненою системою керування.

Отримані експериментальні дані, зібрані в умовах нормальної експлуатації кристалізатора, дозволяють, виконавши, апроксимацію, отримати статичну характеристику об'єкта керування. Отриману модель слід перевірити на адекватність.

Спочатку визначимо регресійну модель ТОК, лінійну та квадратичну.

Повні дані для моделей, а також їх розрахунок представлені в додатку 2.

Рівняння регресійної лінійної моделі має наступний вигляд:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x \quad (3.1)$$

Після розрахунку коефіцієнтів отримаємо:

$$y = 108.394 - 1.161 \cdot x \quad (3.2)$$

Квадратична регресійна модель має вигляд:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 \quad (3.3)$$

Після розрахунку коефіцієнтів отримаємо:

$$y = 101.23 - 1.048 \cdot x - 0.0034 \cdot x^2 \quad (3.4)$$

На рис.3.4 зображені результати моделювання та кореляційне поле моделі.

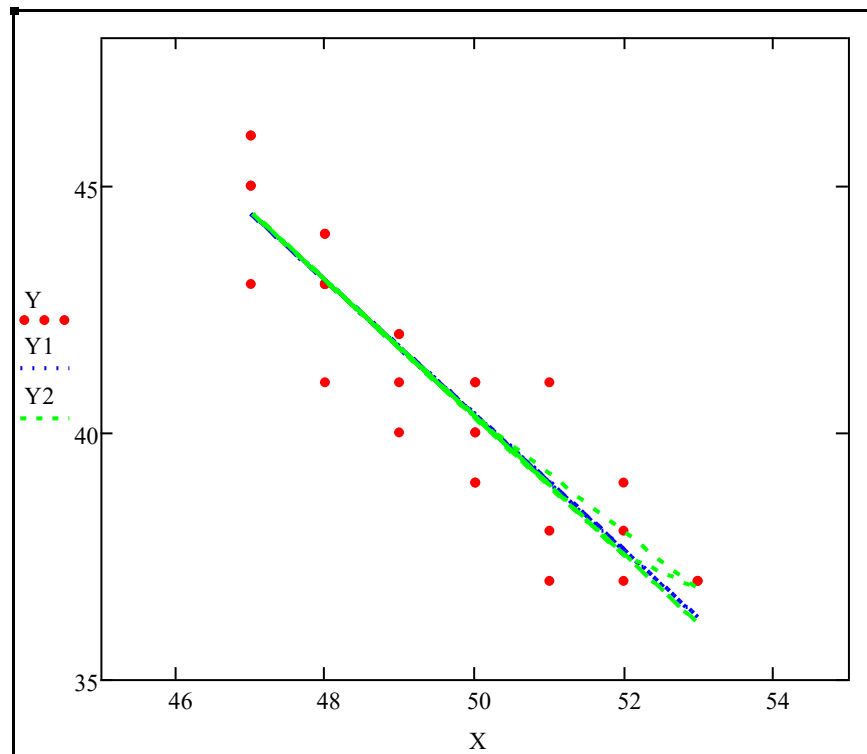


Рис. 3.4. Кореляційне поле і результати моделювання за лінійною і квадратичною однофакторними моделями

Визначимо точність моделей за допомогою наступних показників:

- залишкова дисперсія;
- середнє значення квадратів відхилень розрахункових даних від експериментальних (на один експеримент);
- середнє значення абсолютних відхилень розрахункових даних від експериментальних (на один експеримент).

Визначимо показники для лінійної моделі.

Залишкова дисперсія:

$$S_a = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - y_i)^2}{N-2} = 1.123 \quad (3.7)$$

Середнє значення квадратів відхилень:

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - y_i)^2}{N} = 1.148 \quad (3.8)$$

Середнє значення абсолютних відхилень:

$$S_{abs} = \frac{\sum_{i=1}^N |Y_i - y_i|}{N} = 1.378 \quad (3.9)$$

де N – кількість експериментів, Y – експериментальні дані; y – розрахункові дані за лінійною моделлю.

Визначимо показники для квадратичної моделі.

Залишкова дисперсія:

$$S_{a2} = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{2i} - y_i)^2}{N-3} = 1.261 \quad (3.10)$$

Середнє значення квадратів відхилень:

$$S_{k2} = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{2i} - y_i)^2}{N} = 1.135 \quad (3.11)$$

Середнє значення абсолютних відхилень:

$$S_{abs2} = \frac{\sum_{i=1}^N |Y_{2i} - y_i|}{N} = 1.467 \quad (3.12)$$

де N – кількість експериментів, Y_2 – експериментальні дані, y – розрахункові дані за квадратичною моделлю.

Наступний крок, перевірити адекватність лінійної та квадратичної моделі. Для перевірки розрахуємо значення критерію Фішера та порівняємо з табличним значенням.

Розрахункове значення критерію Фішера для лінійної моделі:

$$F = \frac{S}{S_a} = 6.115 \quad (3.5)$$

Критичне значення критерію Фішера визначається за таблицею та дорівнює $F_{кр} = 2,101$. Оскільки $F > F_{кр}$ то модель можна вважати адекватною експериментальним даним.

Виконаємо всі дії для квадратичної моделі:

Розрахункове значення критерію Фішера для квадратичної моделі:

$$F = \frac{S}{S_{a2}} = 5.964 \quad (3.6)$$

де S_{a2} – залишкова дисперсія квадратичної регресійної моделі.

Критичне значення критерію Фішера дорівнює $F_{кр} = 2,101$. Оскільки $F > F_{кр}$ то модель можна вважати адекватною експериментальним даним.

Визначимо доцільність квадратичної моделі. Для цього потрібно визначити критерій Фішера:

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{S_{a2}}{S_a} = 1.025 \quad (3.13)$$

Критичне значення критерію Фішера дорівнює $F_{кр} = 2,101$. Оскільки $F < F_{кр}$, то вважаємо, що залишкові дисперсії обох моделей статистично однакові і немає підстав ускладнювати модель. Отже, приймаємо гіпотезу про лінійність статичної характеристики каналу керування.

3.2.2. Динамічна модель кристалізатора

Для побудування динамічної характеристики ми будемо використовувати програмний засіб *MatLab* та його пакет *System Identification Toolbox*. Для створення математичних моделей лінійних динамічних систем, необхідні вхідні і вихідні данні [5].

Після занесення даних у програмний засіб, та їх опрацювання, отримали декілька перехідних характеристик: а) аперіодичну ланку 1-го порядку; б) аперіодичну ланку 2-го порядку; в) аперіодичну ланку 3-го порядку; г) аперіодичну ланку 3-го порядку з уявними полюсами. Перехідні характеристики можна побачити на рис.3.5.

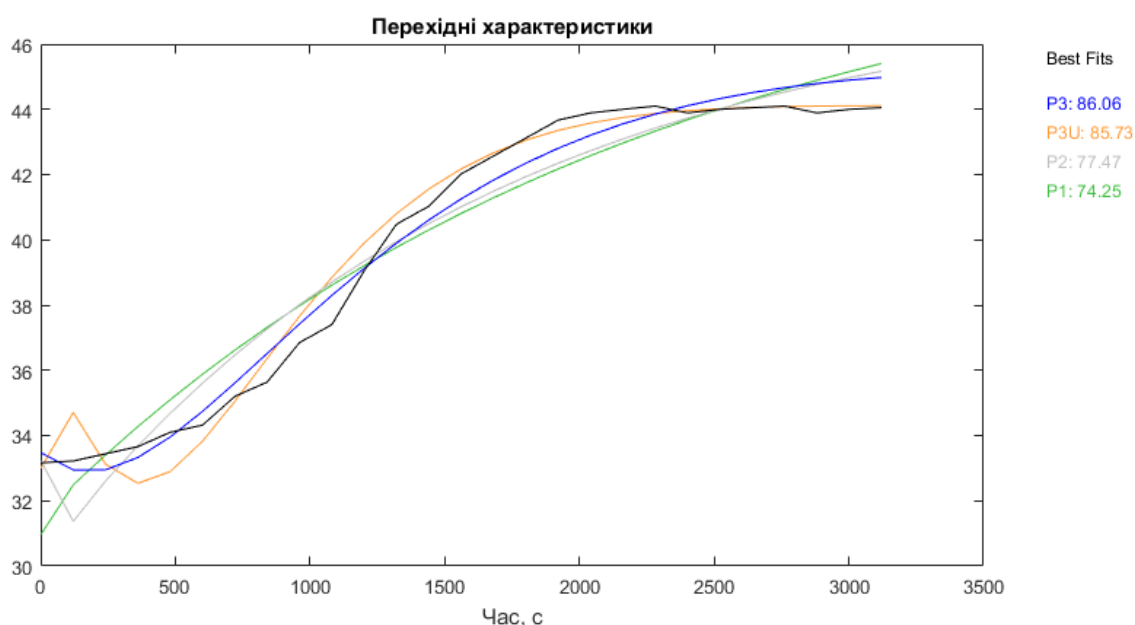


Рис. 3.5. Порівняння динамічних характеристик різних ланок

За результатами аналізу, найкраще описує модель аперіодична ланка 3-го порядку. Враховуючи результати експериментальних даних, вісь

ординат повинна мати знак "мінус", що відповідає від'ємному коефіцієнту передачі. Передавальна функція по каналу керування "витрата холодоагенту – температура суміші" має вигляд:

$$W(p) = \frac{-0.894}{(1+80.97 \cdot p)(1+63.13 \cdot p)(1+140.96 \cdot p)} \quad (3.14)$$

Перехідна характеристика зображена на рис.3.6.

Звернемо увагу на те, що згідно з обробкою експериментальних даних для динаміки коефіцієнт передачі об'єкта дорівнює 0,894, а для статички він дорівнює 1,161.

Враховуючи те, що обидві технологічні змінні: температура та витрата є випадковими величинами, а крім того, кожна процедура апроксимації має певну помилку, то можна вважати отриману різницю прийнятною на етапі проектування системи. В подальших дослідженнях використаємо модель динаміки (3.14).

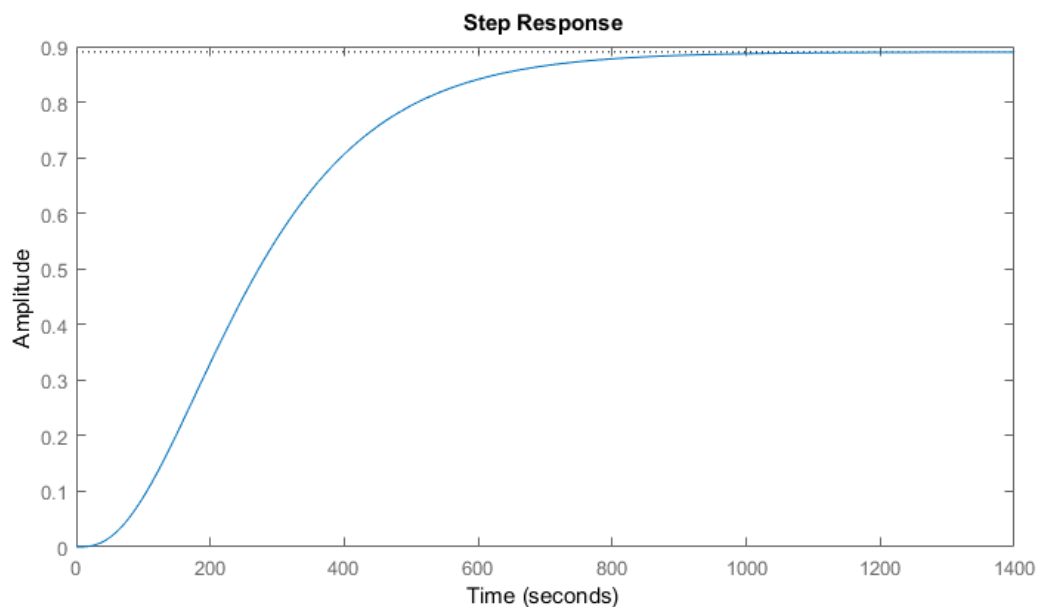


Рис. 3.6. Динамічна характеристика по каналу керування

Висновки до розділу 3

У цьому розділі було проведено ідентифікацію моделі кристалізатора за допомогою експериментальних даних.

Виконані розрахунки, які визначають властивості конкуруючих регресійних моделей для опису статичної характеристики – квадратичної та лінійної. Були виконані дослідження, які підтвердили лінійність статичної характеристики каналу керування.

За допомогою пакету *System Identification Toolbox* пакету *MatLab* була отримана модель динаміки об'єкту у вигляді передавальної функція каналу керування.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. СИНТЕЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ КРИСТАЛІЗАТОРОМ

4.1. Налаштування регулятора для системи керування кристалізатора

Згідно зі схемою автоматизації, описаної у розділі 2, однією з найважливіших систем керування є система з каналом керування «витрата холодоагенту – температура суміші». Передавальна функція для цього каналу була отримана у розділі 3 у (3.14).

Задачею цього розділу є визначення закону керування та параметрів налаштування регулятора у вищеназваному контурі керування.

Для дослідження були вибрані наступні закони керування: ПІ, ПД та ПІД. Для розв'язання поставленої задачі був застосований математичний пакет *Matlab*. Для дослідження засобами *Simulink* було побудовано декілька моделей системи керування з регуляторами, що різнилися законами керування. Заплановано виконати налаштування усіх регуляторів і за результатами порівняння їх властивостей вибрати оптимальний. Слід зазначити, що для вибраного контуру дуже важливим є показник перерегулювання.

Система керування з ПІ-регулятором включає в себе передавальну функцію, ланку транспортного запізнення, блок завдання та блок ПІ-регулятора. На рис. 4.1. зображено систему керування з ПІ-регулятором.

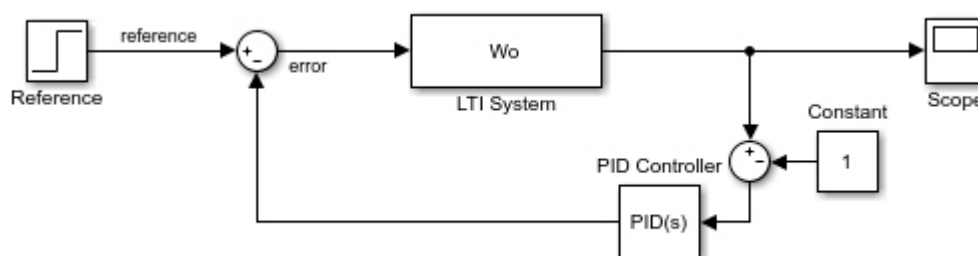


Рис. 4.1. зображено систему керування з ПІД-регулятором

В *Matlab*е вбудований засіб *PIDTuningToolbox*, за допомогою якого відбувається налаштування регуляторів різних типів. Цей інструмент

дозволяє налаштовувати регулятори в ручному та автоматичному режимі та будувати перехідні характеристики. Щоб налаштувати регулятор, необхідно натиснути на блок регулятора, після чого відкриється вікно (рис. 4.2.), у якому можна вибрати тип регулятора, спосіб його підключення та інші налаштування. У вікні є кнопка «*Tune*», після її натиснення відкривається нове вікно з перехідною характеристикою з врахуванням автоматично підібраних параметрів. Зверху вікна є перемикачі, за допомогою яких можна впливати на параметри, перехідна характеристика перераховується заново і будується поряд із автоматично налаштованою. На рис. 4.3. показано результат роботи *PID Tuning Toolbox*.

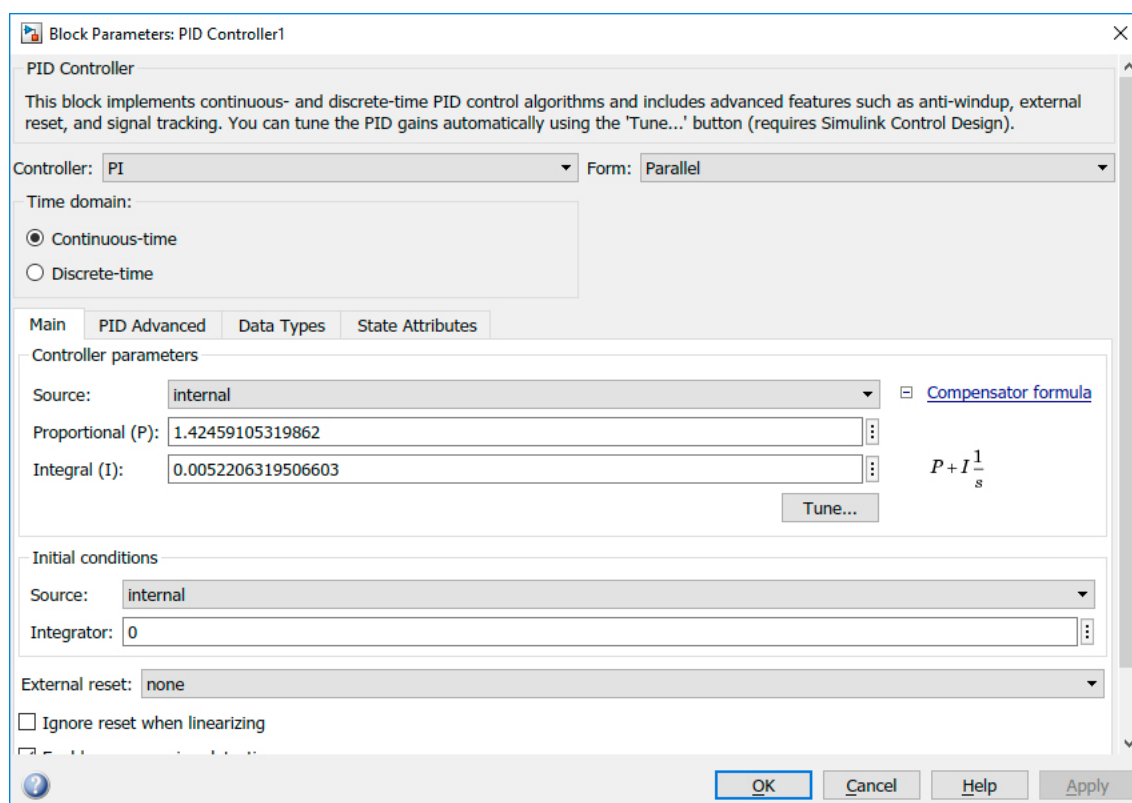


Рис. 4.2. Блок ПІ-регулятора

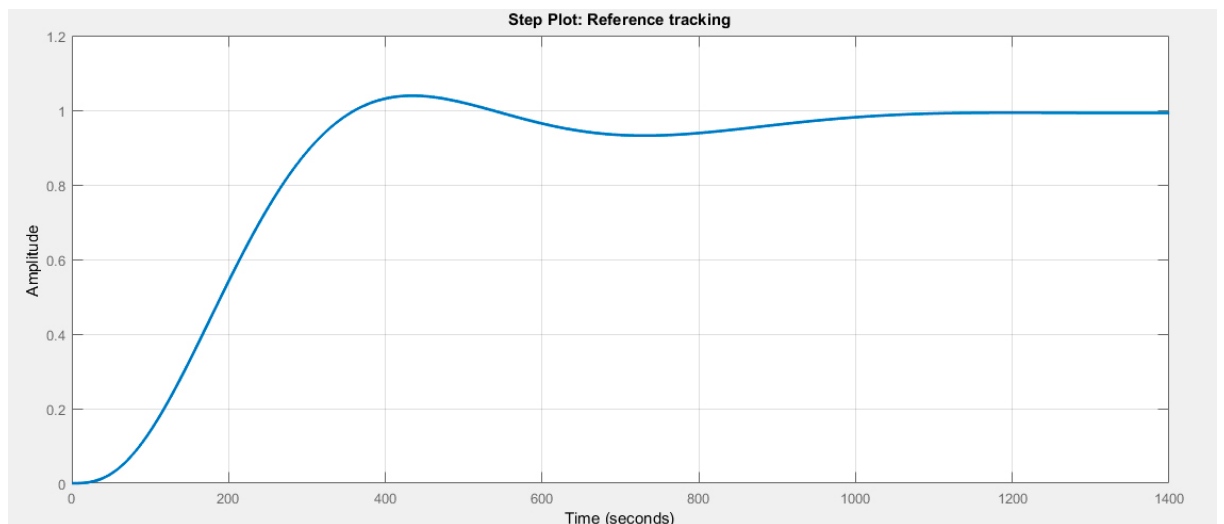


Рис. 4.3. Перехідна характеристика системи керування з ПІ-регулятором

Проаналізувавши отримані дані з графіків перехідних процесів можна визначити потрібні критерії якості для САК з ПІ-регулятором. В таблиці 4.1. показані показники якості перехідного процесу.

Таблиця 4.1. Показники якості перехідного процесу з ПІ-регулятором

Налаштований ПІ-регулятор	
Назва показника	Значення
Час виходу на усталений режим, с	1210
Перерегулювання, %	3.9
Час підйому, с	218
Час встановлення перехідного процесу, с	992
P	1.4246
I	0.0052

З таблиці видно, що перехідний процес має великий час встановлення, низький рівень перерегулювання та майже нульовий коефіцієнт інтегральної складової.

Налаштування ПД-регулятора буде відбуватись таким же чином, як і ПІ-регулятора. На рис. 4.4. показано результат роботи результату роботи *PIDTuningToolbox*.

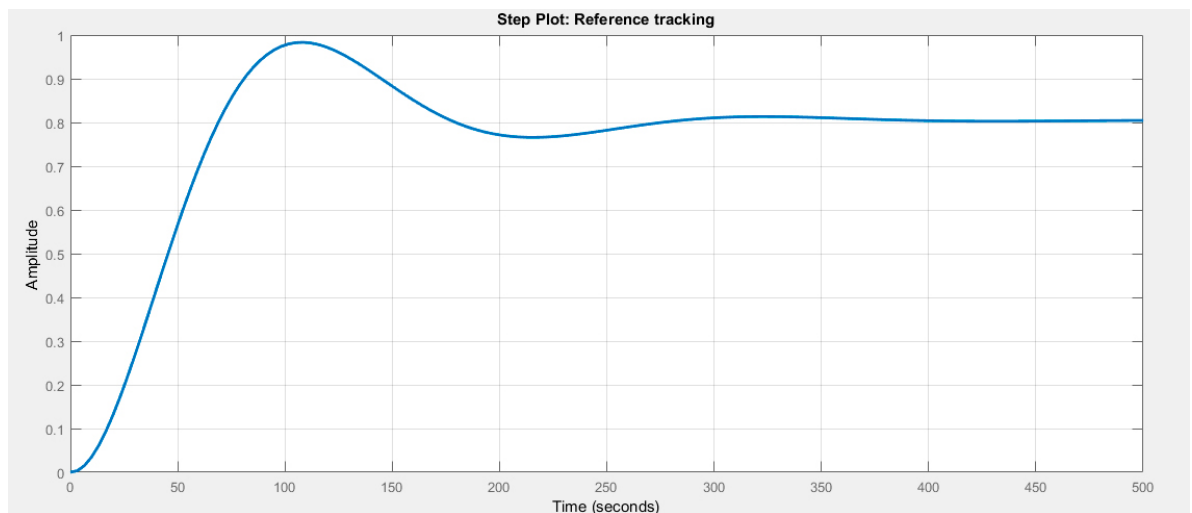


Рис. 4.4. Перехідна характеристика системи керування з ПД-регулятором

В таблиці 4.2. показані показники якості перехідного процесу з ПД-регулятором.

Таблиця 4.2. Показники якості перехідного процесу з ПД-регулятором

Налаштований ПД-регулятор	
Назва показника	Значення
Час виходу на усталений режим, с	450
Перерегулювання, %	22.2
Час підйому, с	47
Час встановлення перехідного процесу, с	260
P	4.6273
D	674.6436

З налаштованим ПД-регулятором, перехідний процес швидко виходить на усталений режим, але має дуже високе перерегулювання (більше 20%).

Налаштування ПД-регулятора буде відбуватись таким же чином, як і ПІ-регулятора. На рис. 4.5. показано результат роботи результату роботи *PIDTuningToolbox*.

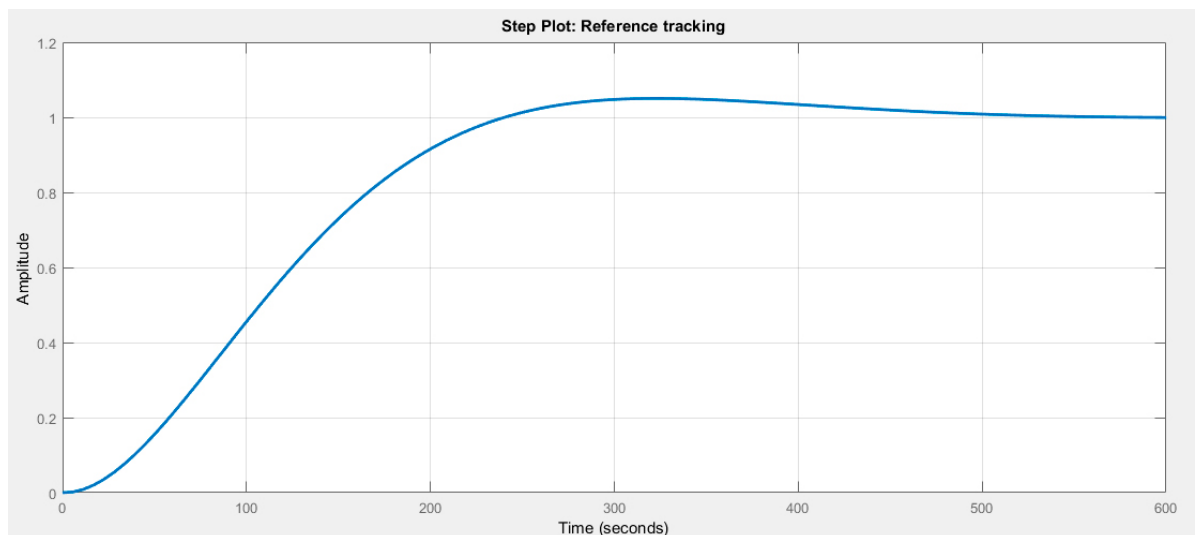


Рис. 4.5. Перехідна характеристика системи керування з ПД-регулятором

В таблиці 4.3. показані показники якості перехідного процесу з ПД-регулятором.

Таблиця 4.3. Показники якості перехідного процесу з ПД-регулятором

Налаштований ПД-регулятор	
Назва показника	Значення
Час виходу на усталений режим, с	604
Перерегулювання, %	5.04
Час підйому, с	156
Час встановлення перехідного процесу, с	448
P	2.4497
I	0.0108
D	137.09

Налаштований ПД-регулятор поєднує попередні два налаштування. Перехідний процес швидко виходить на усталений режим, та має низький рівень перерегулювання.

Для порівняння ПІ, ПД та ПІД-регуляторів побудуємо перехідні характеристики замкненої системи за каналом керування з врахуванням

раніше отриманих параметрів регуляторів. На рис. 4.6. показані ці перехідні характеристики.

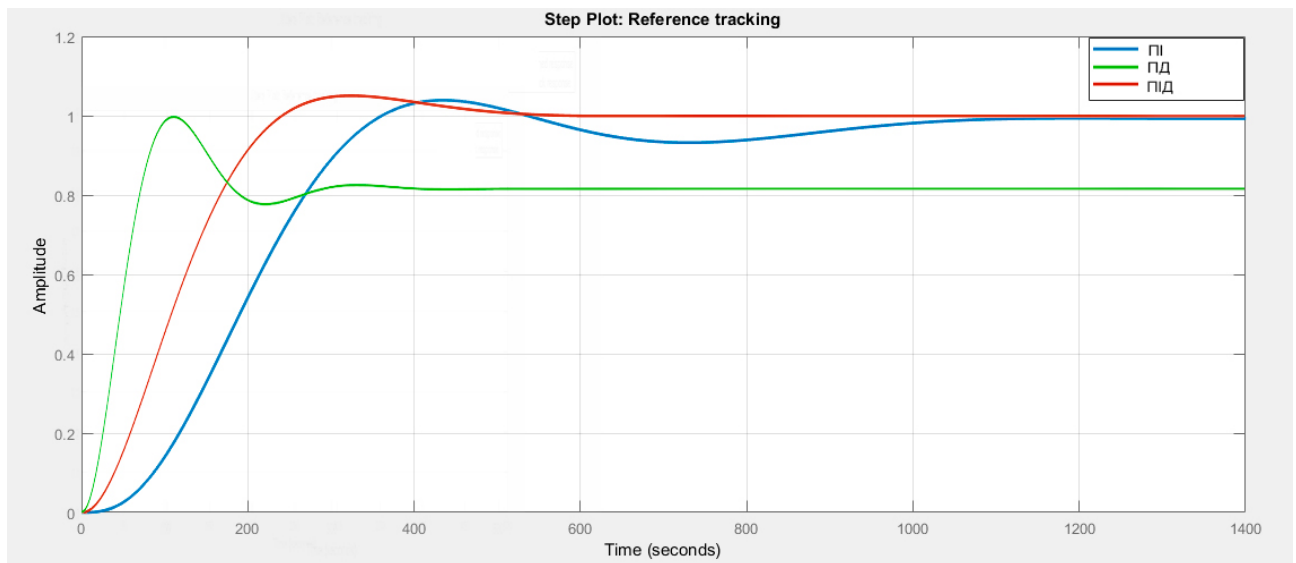


Рис. 4.6. Перехідні характеристики замкненої системи за каналом керування кристалізатором з ПІ-, ПД- та ПІД-регуляторами

В таблиці 4.4. показані показники якості перехідного процесу з ПІ-, ПД- та ПІД-регулятором.

Таблиця 4.4. Показники якості перехідного процесу

Назва показника	Значення для різних законів		
	ПІ	ПД	ПІД
Час виходу на усталений режим, с	1210	450	604
Перерегулювання, %	3.9	22.2	5.04
Час підйому, с	218	47	156
Час встановлення, с	992	260	448
P	1.4246	4.6273	2.4497
I	0.0052	—	0.0108
D	—	674.6436	137.09

За результатом порівняння та аналізу якості перехідного режиму, система з ПІД-регулятором має кращі показники. Тому для системи керування кристалізатором будемо використовувати ПІД-регулятор.

4.2. Розробка нечіткої системи керування частоти обертання електродвигуна в залежності від суми витрат

Поняття «нечітка логіка» (англ. «*fuzzy logic*») було введено американським математиком Л.А. Заде. Він запропонував теорію нечітких множин, на основі якої можна побудувати нечіткі аналоги будь-яких математичних понять, та створити необхідний формальний апарат для моделювання людського мислення та людського способу вирішення задач. Нечітка множина – сукупність елементів будь-якої природи, щодо яких не можна з повною точністю стверджувати – належить елемент даних сукупності.

Теорія невизначених множин має справу з "людськими знаннями", які прийнято називати експертною інформацією. Характерним для нечіткого керування є безпосереднє застосування якісно сформульованих експертних знань для генерації керуючих впливів на об'єкт управління. Знання про взаємодію нечіткого регулятора з технологічним об'єктом управління представляються у вигляді правил: **ЯКЩО** (вихідна ситуація), **ТО** (вхідна реакція). Правила такого виду відповідають найпростішій формі людських взаємодій, тому аналізовані параметри розглядається в якості лінгвістичної змінної, які оцінюються якісні терми.

Для створення нечіткої системи керування було обрано керування частотою обертання електричного двигуна барабану у фільтрі. Керувальним впливом вибрана сума витрат охолодженого мастила які надходять до фільтру. Фрагмент схеми автоматизації з вказаним контуром керування наведено на рис. 4.7.

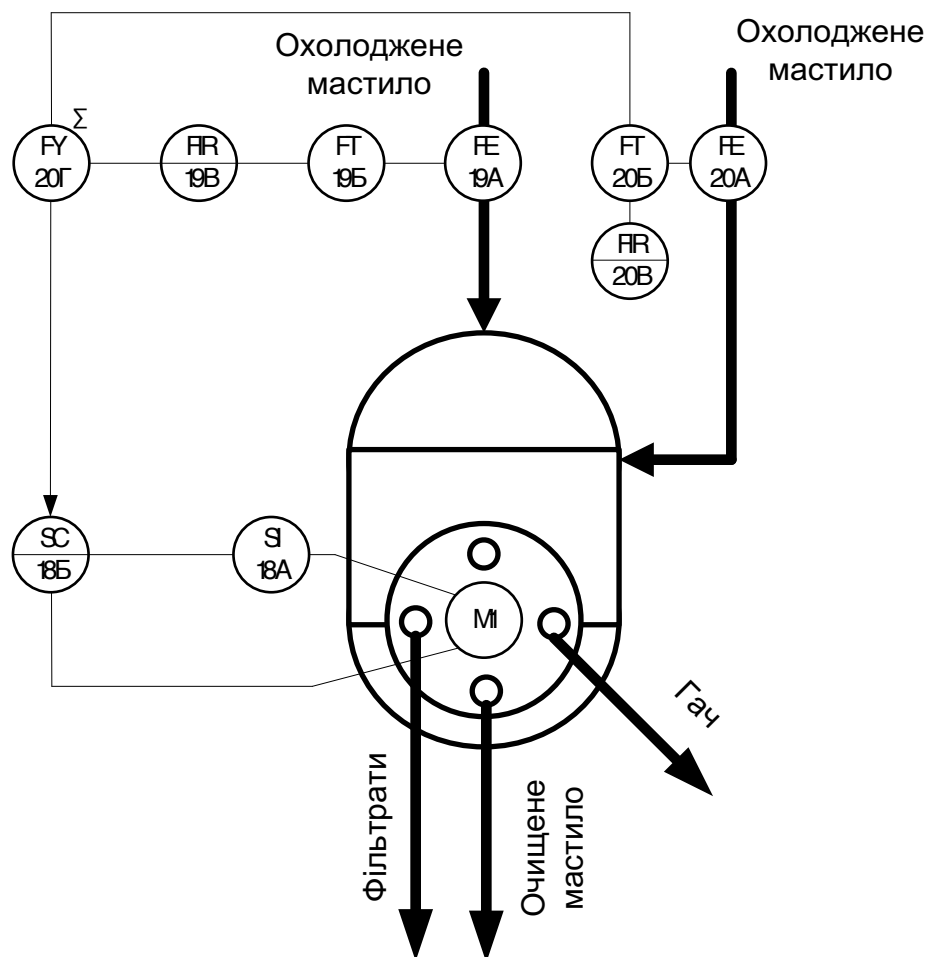


Рис.4.7. Фрагмент схеми автоматизації барабанним фільтром

Для керування нам необхідно визначити дві лінгвістичні змінні: F – сума витрат суміші, S – частота обертання електродвигуна барабану у фільтрі. Універсум сум витрат $F = 50 \dots 75$ кг/год, (0.0138...0.0208 кг/с) універсум частоти обертання електродвигуна $S = 1 \dots 3$ об/хв (0.0166...0.05 об/с). За терм-множину першої лінгвістичної змінної «Сума витрат суміші» візьмемо множину $T1 = \{\text{«Дуже мала» «Мала», «Нормальна», «Велика», «Дуже велика»}\}$, за терм-множину другої лінгвістичної змінної «Частота обертання електродвигуна барабану у фільтрі» візьмемо множину $T2 = \{\text{«Дуже низька», «Низька», «Нормальна», «Висока», «Дуже висока»}\}$.

Опишемо їх:

Лінгвістична змінна: <Сума витрат суміші;

Дуже мала

Мала

Нормальна; 50 <F<75>

Велика

Дуже велика

Лінгвістична змінна: <Частота обертання електродвигуна барабану у фільтрі;

Дуже низька

Низька

Нормальна; 1<S<3>

Висока

Дуже висока

Сформулюємо нечіткі правила керування:

- ЯКЩО [Сума витрат суміші «Дуже мала», ТО [Частота обертання електродвигуна барабану у фільтрі «Дуже низька»];

- ЯКЩО [Сума витрат суміші «Мала», ТО [Частота обертання електродвигуна барабану у фільтрі «Низька»];

- ЯКЩО [Сума витрат суміші «Нормальна», ТО [Частота обертання електродвигуна барабану у фільтрі «Нормальна»];

- ЯКЩО [Сума витрат суміші «Велика», ТО [Частота обертання електродвигуна барабану у фільтрі «Висока»].

- ЯКЩО [Сума витрат суміші «Дуже велика», ТО [Частота обертання електродвигуна барабану у фільтрі «Дуже висока»].

Для реалізації нечіткої логіки використана бібліотека Fuzzy Logic Toolbox, яка є частиною програми Matlab. На рис. 4.8. зображено вікно редактора якому ми створюємо нечіткий регулятор.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

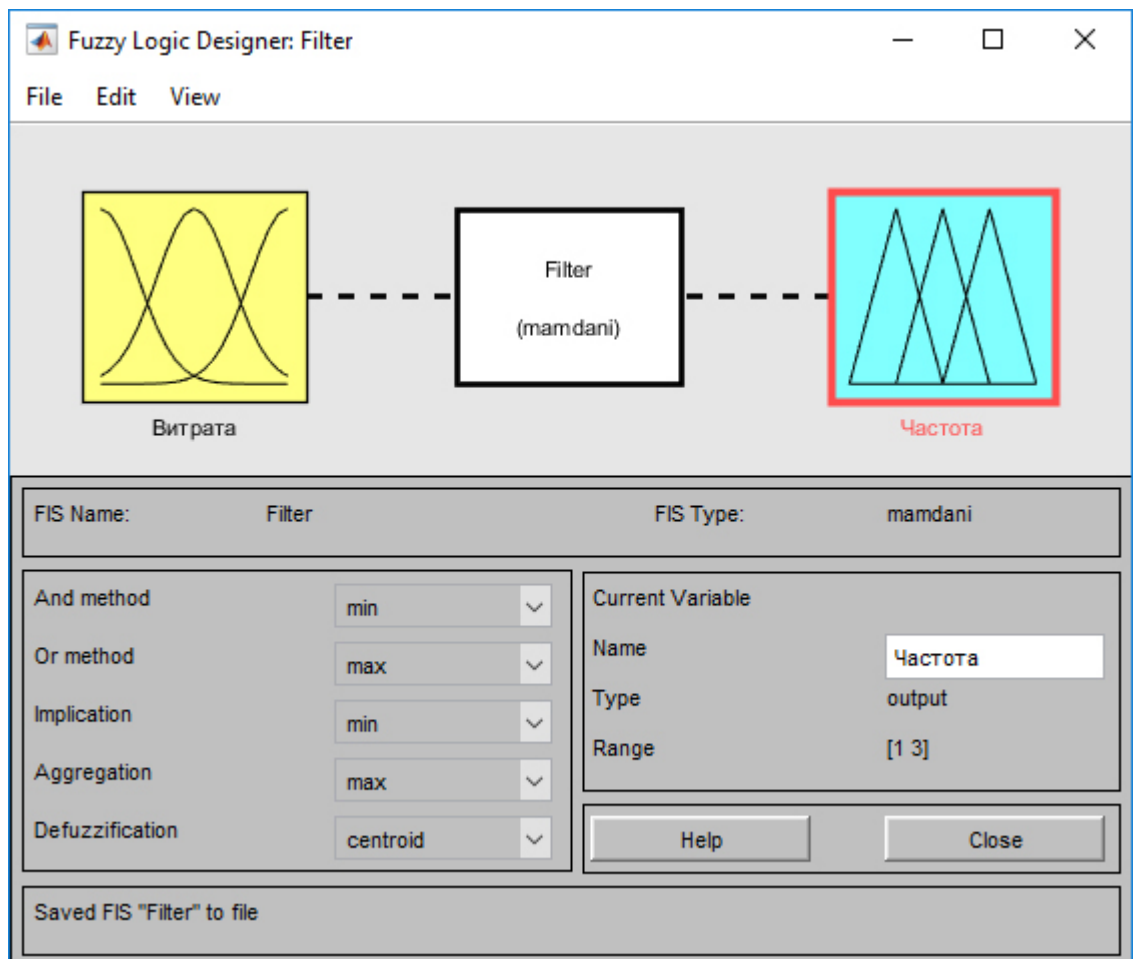


Рис. 4.8. Створення нечіткого регулятора в пакеті FuzziLogicToolbox

Далі для кожної лінгвістичної змінної ми створюємо функцію належності. На рисунках 4.9 та 4.10 показано функції належності для суми витрат та частоти обертання двигуна.

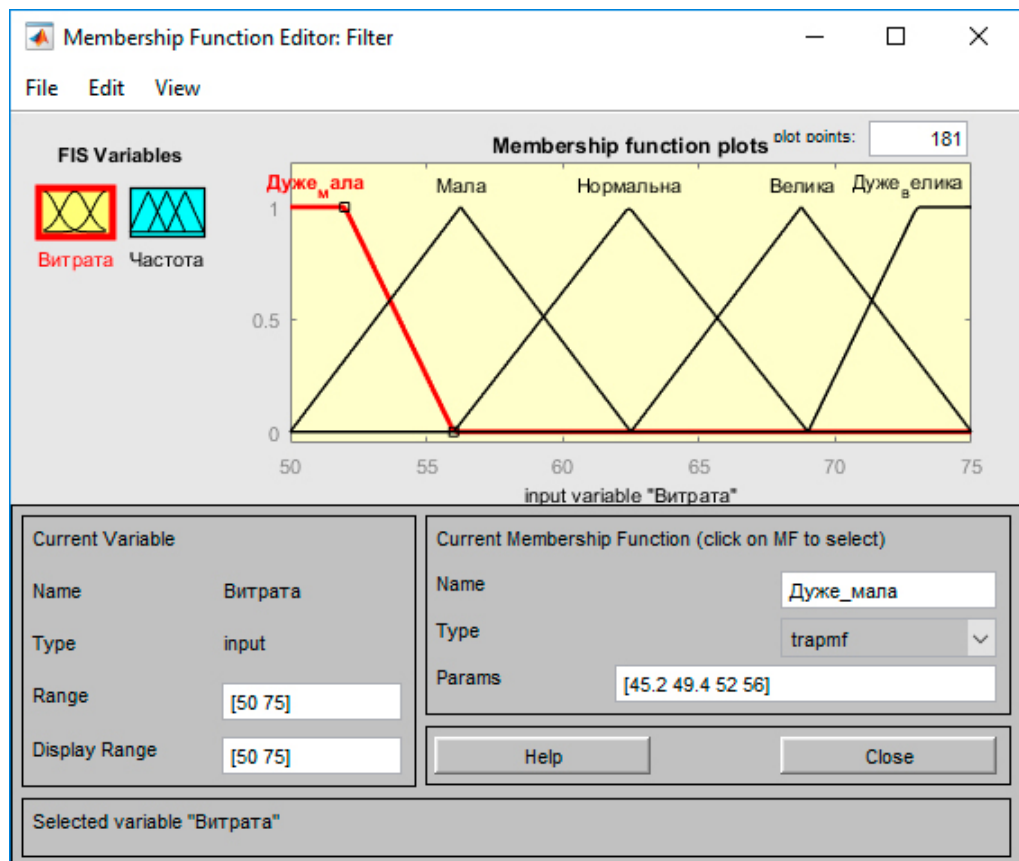


Рис. 4.9. Графіки функцій належності змінної – Сума витрат

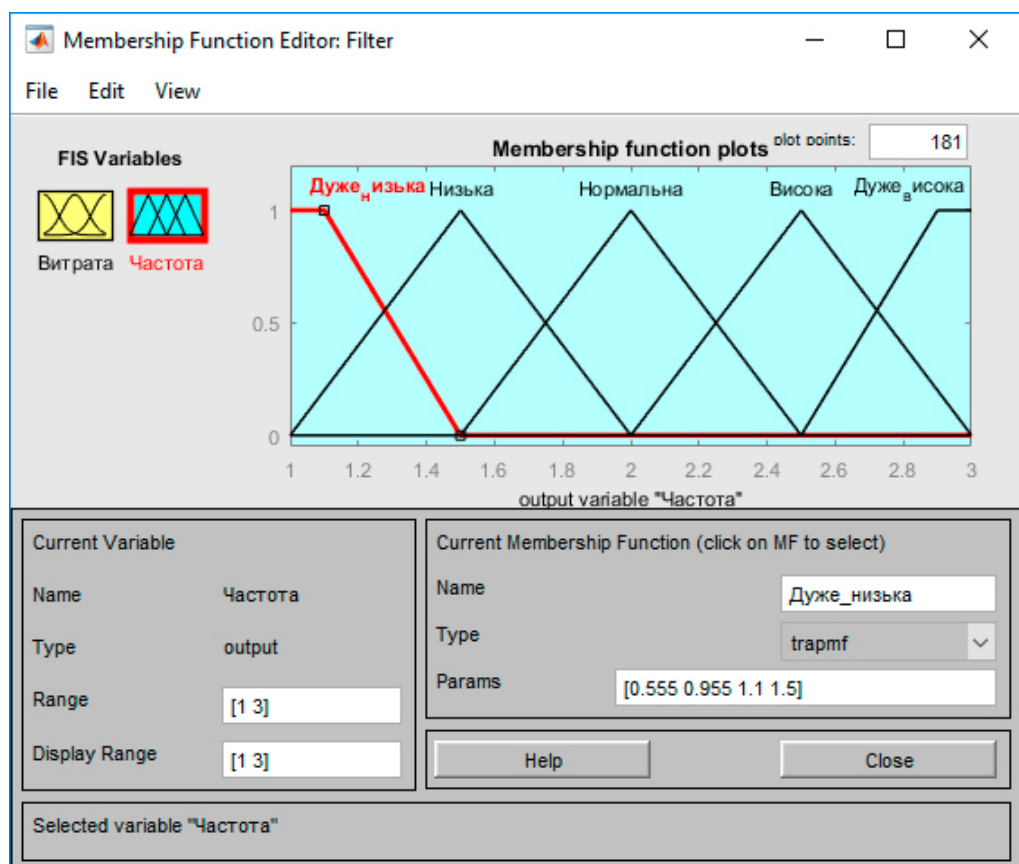


Рис. 4.10. Графіки функцій належності змінної – Частота обертання

Далі нам необхідно задати правила, які були описані вище у редактор. Для цього нам необхідно натиснути кнопку «Add rules», після чого відкриється вікно, де ми можемо задати правила. Результат роботи показано на рис. 4.11.

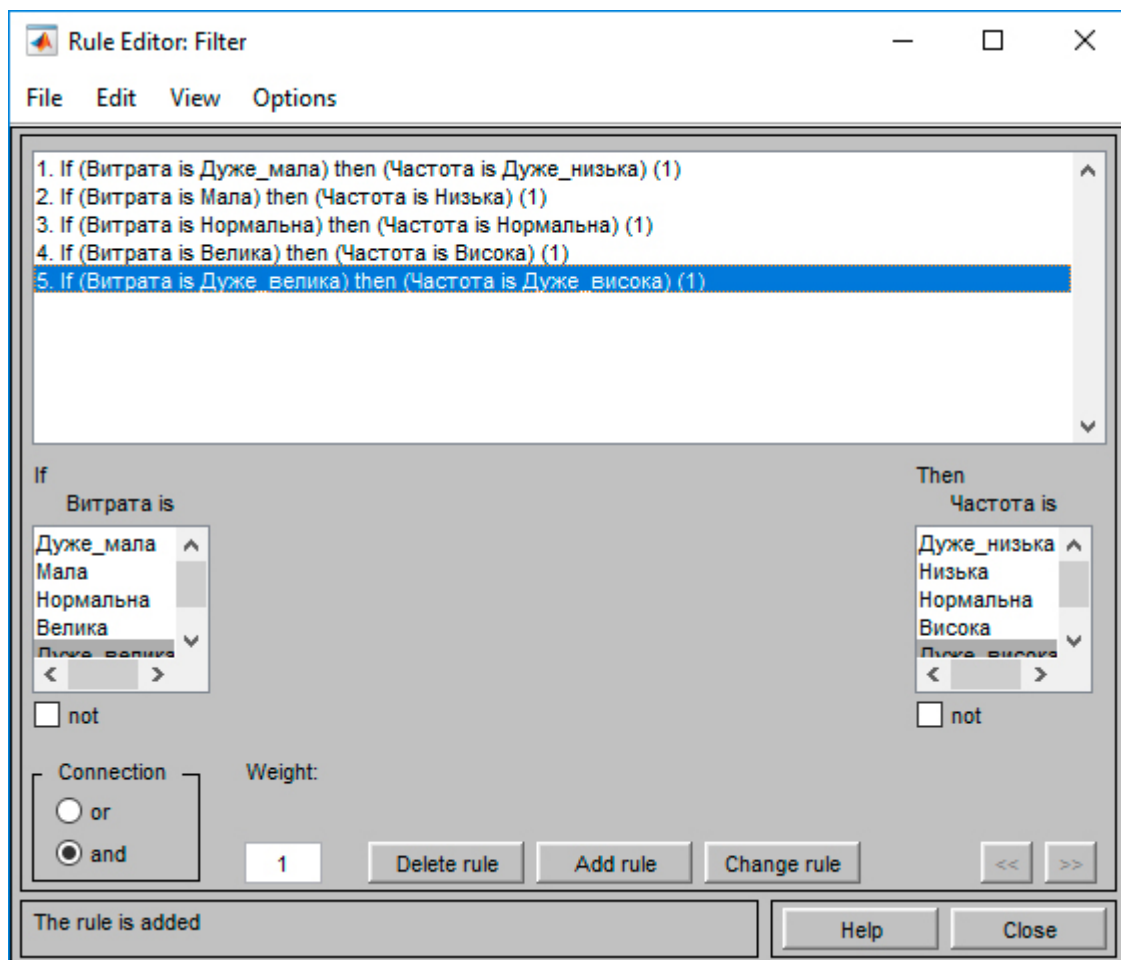


Рис. 4.11. Вікно редактора правил

Після додавання правил на рис. 4.12. ми можемо переглянути результат їх використання.

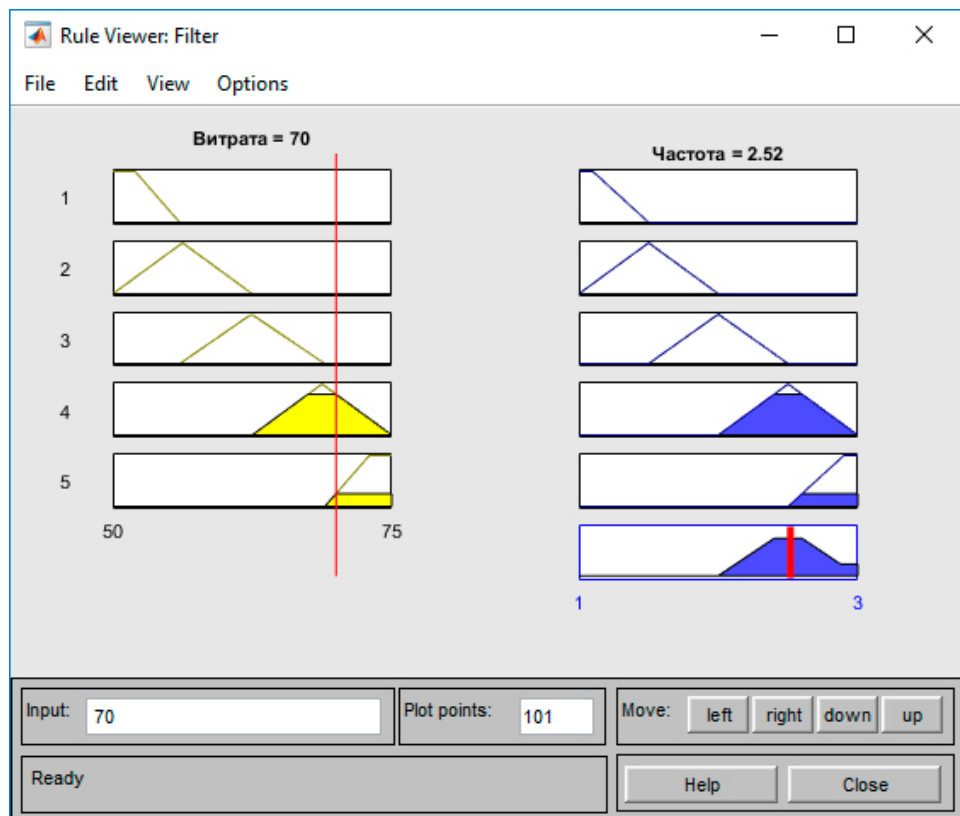


Рис. 4.12. Результат використання правил продукції

На рис. 4.13. ми можемо побачити поверхні нечіткого висновку.

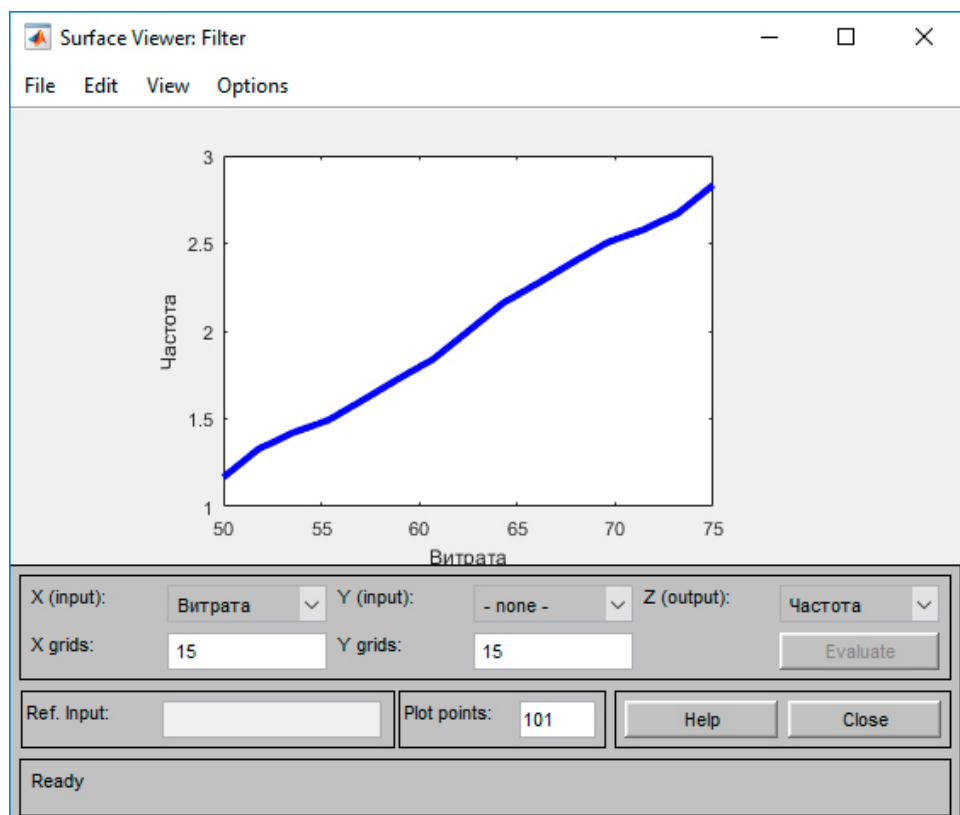


Рис. 4.13. Вікно перегляду поверхні нечіткого висновку

Висновки до розділу 4

У цьому розділі було налаштовано ПІ-, ПД- та ПІД-регулятор за допомогою вбудованого в *Matlab* бібліотеки *PID Tuning Toolbox*. Проведено порівняння результатів налаштованих регуляторів.

Розроблено нечітку систему керування частотою обертання електродвигуна барабану у фільтрі в залежності від суми витрати охолодженого мастила на вході.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

5.1 Вступ до розробки стартап-проекту

Стартап – це фінансовий проект, в основі якого лежить якась абсолютно нова ідея, яка не була запущена на ринок, мета якого - швидкий розвиток і отримання прибутку. Іншими словами, стартап - це створений проект, який знаходиться на стадії розвитку і буде свій бізнес на основі нових інноваційних ідей або на основі новітніх технологій.

Стартапи, завдяки своїй мобільності в плані втілення нових ідей, складають конкуренцію великим корпораціям, які успішно використовують уже наявні продукти, а розробкою і створенням нових майже не займаються.

Для успішного розвитку стартап-проекту потрібна згуртована команда розробників і помічників, а також достатнє фінансування аж до тієї пори, коли проект не стане самоокупним і прибутковим.

По-перше – ідея. Вона може бути скопійована, модернізована або унікальна – все це не важливо, головне, щоб ідея була спрямована на реалізацію продукту, який вирішує проблеми споживачів і має цінність для них. Проект буде успішним тоді, коли розроблений продукт буде зрозумілим для споживачів і їх кількість буде достатньою, щоб проект виправдав своє існування і був комерційно вигідним.

По-друге стартап – це команда. В її обов'язки входить планування створення продукту та реалізація цього плану. Для успішної реалізації продукту команда має вірити у те, що її продукт буде вирішувати якусь існуючу проблему у споживачів.

По-третє стартап – це своєчасне залучення необхідних ресурсів.

По-четверте стартап – це невизначеність, адже на етапі виробництва ніхто не знає як зустріне споживач продукт. Тому треба звертати увагу на його думку якомога раніше і вносити зміни у продукт, а вже тільки тоді виводити на ринок вдосконалений зразок.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Важливою частиною роботи над проектом є пошук джерел фінансування. До цих джерел належать: - особисті заощадження стартаперів; - кошти родичів і друзів; - "народне" фінансування або краудфандінг; - кредит; - бізнес-ангел або меценат; - держава; - венчурний фонд. Кожне з цих джерел має свої нюанси і застосовні тільки на певних стадіях розвитку стартапу.

Отже, успішний стартап – це не просто реалізований проект – це в першу чергу згурпована команда, яка вірить у те, що її продукт вирішує проблеми споживачів і яка здатна навчатися на своїх помилках і не зупинятися на шляху розробки свого проекту.

5.2 Опис ідеї стартап-проекту

Ідея стартап проекту полягає у створенні програми, яка буде реєструвати значення параметрів процесу, порівняння з встановленими значеннями, реєстрація та повідомлення під час аварійної сигналізації. Програму можна буде адаптувати під конкретне виробництво.

Функції програми наступні:

1. Реєстрація значень технологічних параметрів та побудова графіків;
2. Сигналізування про аварію на виробництві на всі пристрої в системі;
3. Доступ до даних процесу з будь-кого пристрою;
4. Перегляд даних процесу як в режимі реального часу, так і в архівному.

Проект розробляється на основі даних та параметрах кристалізатора у процесі виробництва депарафінізації мастил із використанням розчинників.

У стартапі використовується ситуаційна модель, яка включає опис усіх ситуацій які можуть трапитись з об'єктом та на виробництві загалом.

Конкуренти: Дослідження ринку показало, що майже у кожній компанії у сфері хімічного виробництва, розроблена власна програма, яка не є універсальною, та має функціонал лише під власне виробництво.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Ми пропонуємо програму з універсальними функціями, яку можна налаштувати на будь-яке виробництво.

Ціль програми: застосування програми у різних галузях промисловості, зокрема хімічній. Можливість застосування програмного продукту у інших видах виробництва.

Фінансування: 600\$ в місяць (приблизний час на написання продукту 8 місяців).

Де шукати гроші: інвестиції від підприємств які не мають власного програмного продукту та приватних підприємців, які мають декілька різних видів виробництв.

Конкурентні переваги: розробниками програми є спеціалісти з автоматизації виробництв та програмного забезпечення.

5.3. Аудит динаміки та основних тенденцій ринку виробництва депарафінізації нафтових продуктів

Для даного виробництва була досліджена динаміка ринку за 4 роки (2014 - 2017 р.р.). Данні та графіки наведені у табл. 5.1 та рис 5.1.

За станом на 2017 рік, життєвий цикл досліджуваного ринку знаходиться на етапі невеликого зростання у порівнянні з 2014 роком обсяги виробництва дещо збільшились.

Згідно статистики, прогнози позитивні, оскільки існує можливість продовження зросту обсягу виробництва. Зріст можна пояснити у актуальності використання депарафінізованого мастила в Україні.

Таблиця 5.1 – обсяг виробництва депарафінізованого мастила в Україні

	Обсяги виробництва депарафінізованого мастила, тонн			
Виробництво/Рік	2014	2015	2016	2017
УКРНЕФТЕМАШ ЕРС, ООО	504	507	515	534

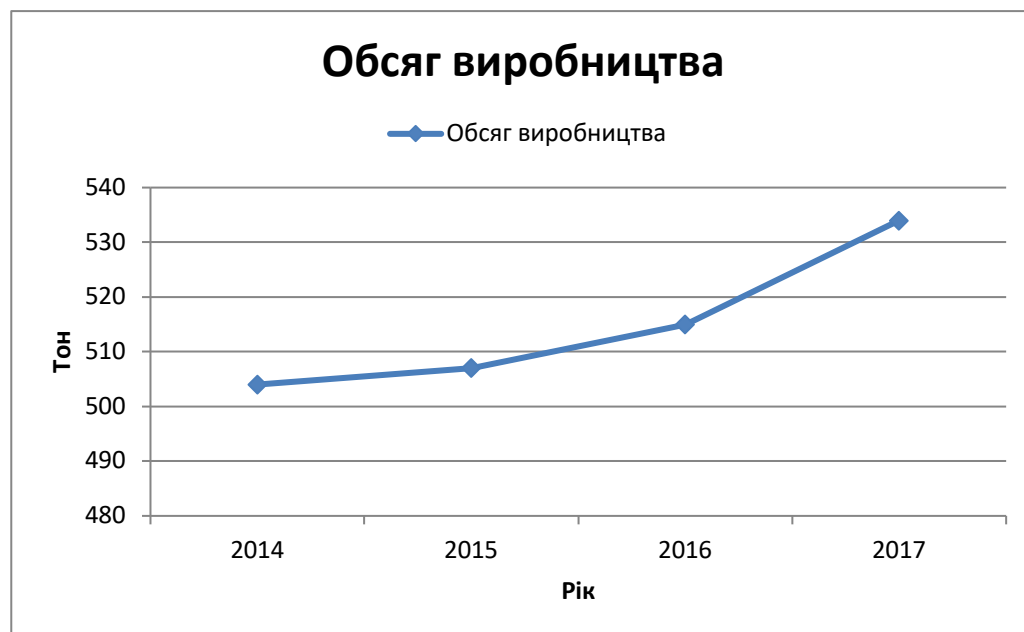


Рисунок 5.1 – Графіки зміни обсягів виробництва депарафінованого мастила в Україні за 4 роки

5.4. Аналіз маркетингового середовища

Результатом цього розділу є аналіз маркетингового середовища приватного підприємства ПП *Flexible Database*.

Товаром, якому присвячено аналіз маркетингового середовища виступає прикладна програма збору, виводу та аналіз виробничих процесів для оператора-технолога з можливістю віддаленого доступу до даних.

5.4.1. Аналіз внутрішнього середовища

1. Загальна інформація про компанію:

Історія розвитку підприємства:

Компанія заснована інженерами-програмістами у 2018 році.

Прикладна програма, адаптацією якої займаються засновники, спрямована на підтримання стабільної роботи виробництва, попередження аварій та аналізу даних.

Товарний портфель (асортимент товарів та послуг):

Розробка та адаптування прикладної програми до різних виробництв які надає замовник. Підтримання функціонування програми її дієздатності та актуальності.

Корпоративні стандарти:

Постійна комунікація з клієнтом та професіоналізм розробників дають якісно та швидко створений продукт.

Ресурси і обмеження:

Основою є інтелектуальні та інформаційні ресурси компанії. Інформаційні ресурси базуються на дослідженнях та аналізі досліджуваного виробництва, використання методів та технологій розроблених у інформаційній сфері. Надається короткий опис товару, якому присвячено аналіз маркетингового середовища.

Ринкова історія товару:

На даний момент ринкової історії товару не існує так як він на етапі розробки.

Основні оператори ринку:

На ринку України ПП *Flexible Database* є поки єдиною компанією з розробки математичних програм у сфері хімічної, металургійної та харчової промисловості.

Характеристики ринку:

Щодо УКРНЕФТЕМАШ ЕРС, ООО м. Харків

Розмір площі підприємства: 0,42 км²

Стійка позиція на ринку серед конкурентів.

Споживачі на території України та ближньому зарубіжжі (експорт)

За останні кілька років суттєвих спадів виробництва не спостерігалось.

Завдяки попередньому опитуванню керівництва та співробітників компанії визначаються події, що обумовлюють актуальність проведення аналізу маркетингового середовища підприємства.

Викладена вище загальна інформація систематизується у вигляді переліку факторів внутрішнього маркетингового середовища фірми за такими групами:

Організаційно-правові:

1. форма власності – Приватне підприємство

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. форма організації – компанія
3. організаційна структура – лінійна
4. система менеджменту – стратегічний менеджмент
5. стиль керівництва – демократичний

Ресурси:

6. фінансові: в основному це інвестиції фірм, які бажають адаптувати прикладну програму під своє виробництво

7. виробничі та складські потужності: на даний момент це кімнати та кабінети учасників компанії. В подальшому планується оренда спеціального приміщення для команди розробників.

8. технології: застосовуються як традиційні так і сучасні технології створення програми. Використання нових методів адаптування для скорочення часу очікування обчислень.

9. Інформаційні: індивідуальні та колективні знання спеціалістів (ті, що не підлягають документації), наукові розробки та дослідження, аналізи виробництва, статистичні дані, проекти, аналітичні та практичні моделі (документовані).

10. Трудові: команда розробників та спеціалістів у цій сфері.

11. Інтелектуальні: знання, навички та виробничий досвід нашої команди та помічників і такі нематеріальні активи, як патенти, бази даних, програмне забезпечення для інших виробництв.

12. Правові: джерела з мережі Інтернет та інші інформаційні ресурси щодо особливостей технології виробництв.

Таблиця 5.2 – Аналіз внутрішнього маркетингового середовища підприємства

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
Стратегія розвитку	Швидке зростання	Неефективне керування	Компанія рухається у неправильному

компанії			напрямку
Кадри	Якісне виконання роботи	Неякісне виконання роботи	Якість роботи працівників є незадовільною
Фінанси	Забезпечення ефективного розподілу коштів	Неможливість виконувати роботу	Відсутність доходів та фінансів для функціонування компанії

Таблиця 5.3 – Узагальнений список необхідної інформації.

№ п/п	Необхідна інформація
1	Рекламування компанії
2	План дії у кризових ситуаціях
3	Залучення інвестицій
4	Мотивація персоналу для покращення праці

5.4.2. Аналіз зовнішнього середовища

Таблиця 5.4 – Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Просування українських товарів до Європи	Збільшити ринок збуту товару	Витіснення товару закордоном	Підведення товару компанії до вимог та стандартів Європейського середовища
Урегулювання діяльності компанії законодавчими	Підвищення якості товарів і послуг відповідно до		Дотримання захисту прав споживачів, забезпечення

актами і законами	сертифікатів та ліцензій		безпеки праці, часу роботи, мінімальної заробітної плати
-------------------	--------------------------	--	--

Таблиця 5.5 – Підсумкова таблиця факторів економічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Падіння рівню промислового виробництва в країні		Мала кількість місць для впровадження технології	Вихід на закордонний ринок
Інфляція		Зменшення доходів, втрата клієнтів	Ефективний розподіл витрат
Світова криза		Недостатнє фінансування	Пошук шляхів здешевлення товару.

Таблиця 5.6 – Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Поява нових технологій керування виробництвом		Поява нових конкурентів	Вдосконалення товару, з врахуванням нових технологій

Таблиця 5.7 – Підсумкова таблиця факторів демографічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зміна населення України не впливає на якість та розповсюдженість запропонованого товару на ринку			

Таблиця 5.8 – Підсумкова таблиця факторів соціо-культурного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Бажання робітників зменшити обсяг праці	Зменшити кількість людської праці		Вдосконалення системи для зниження людської праці
Ставлення українських клієнтів		Вибір перевірених технологій	Демонстрації переваг інноваційного товару

Таблиця 5.9 – Підсумкова таблиця факторів природного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Використання екологічно	Перевага над конкурентами за		Демонстрація переваг над

безпечних технологій	рахунок екологічної безпеки		конкурентами
----------------------	-----------------------------	--	--------------

5.4.3. Аналіз факторів мікроркетингового середовища

Таблиця 5.10 – Підсумкова таблиця впливу споживачів.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Бажання клієнтів мати за короткий час якісний продукт	Подолання конкурентів за рахунок унікального функціоналу	Втрата клієнтів	Робота над функціоналом продукту
Вплив бренду		Втрата клієнтів	Підвищення іміджу компанії
Здатність покупців до торгів		Втрата клієнтів через високу вартість продукту	Співпраця з клієнтами

Таблиця 5.11 – Підсумкова таблиця впливу конкурентів.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Нові конкуренти		Рівень технології конкурентів вище за рівень компанії	Впровадження нових технологій
Конкуренція з існуючими компаніями		Витіснення компанії з ринку	Порівняння товару з конкурентами, запобігання помилок

			конкуренції
--	--	--	-------------

Таблиця 5.12 – Підсумкова таблиця впливу постачальників.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зменшення постачальників у час кризи		Втрата постачальників	Наявність декількох постачальників

Таблиця 5.13 – Підсумкова таблиця впливу контактних аудиторів.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
ЗМІ	Реклама власного бренду	Неправдива інформація з боку конкурентів	Взаємодія з різними видами ЗМІ
Реклама, виставки	Здобування "власного імені" у тематичній спільноті		Відвідування тематичних заходів, виставок

5.4.4. Формулювання управлінської проблеми

Таблиця 5.14 – SWOT- аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Адаптованість продукту під задане виробництво - Можливість виходу на закордонний ринок 	<ul style="list-style-type: none"> - Недостатня обізнаність про компанію на ринку - Низький рівень фінансування - Конкуренція на ринку - Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, екологічної безпеки. - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності. - Подолання конкуренції за рахунок унікального функціоналу систем - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок 	<ul style="list-style-type: none"> - Поява інноваційного технічного обладнання. - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним

Проблемою управління на даному етапі є затрата часу на просування продукту на ринку України. Виникає мета заохочування більшої кількості інвесторів та клієнтів для поширення продукту на ринку.

Розроблені альтернативні шляхи вирішення управлінської проблеми/реалізації управлінської можливості наведені у табл. 5.15.

Таблиця 5.15 – Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів.

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
1. Пошуки каналів зв'язку з потрібними	Складність пошуку цих каналів	Розширення клієнтської бази

державними установами для отримання інвестицій		
2. Демонстрації переваг інноваційного товару	Стереотипність та страх клієнтів перед новинками	Зміна ставлення до інновацій
3. Підтримання співпраці з постійними клієнтами	Недостатня кількість уваги новим клієнтам	Підтримання стабільної бази постійних клієнтів
4. Праця над основною задачею - адаптивністю програми для виробництв різних типів	Значні робочі ресурси використані на адаптацію прикладної програми.	Значне розширення ринку та можливостей на ньому.

Найоптимальнішим шляхом вирішення управлінської проблеми є – поєднання різних напрямів та шляхів розв’язання поставлених проблем; рекламування компанії; робота над якістю та ергономічністю товару.

5.5. Конкурентний аналіз компанії

У цьому розділі проведено конкурентний стартапу *Flexible Database*.

Таблиця 5.16 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції: монополія/ олігополія/ монополістична/чис та	Чиста конкуренція. Немає компаній які повністю завоювали ринок у цій області, суперництво між компаніями мало впливає на загальну ситуацію на ринку.	Конкуренція з потенційними клієнтами, коли ми пропонуємо використати кращу та більш функціональну технологію.
2. За рівнем конкурентної боротьби: локальний/націонал	Локальна боротьба. В основному кожна фірма розробляє маленьку програму під своє	Підвищення функціональності програми.

ьний.	виробництво.	
3.За галузевою ознакою: міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева ознака. Програма використовується в конкретному виробництві.	Охоплення більшої кількості заданості всередині підприємства.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова/ товарно-видова/ між бажаннями	Товарно-видова конкуренція. Ідентичність структури програми виключається	Пропонується прикладна програма що відрізняється від вже створених.
5.За характером конкурентних переваг: цінова/ нецінова	Конкурентна перевага і цінова і нецінова. Якість продукту та її цінова категорія.	Розроблена програма дещо дорожча за програми конкурентів, проте охоплює більшу функціональність.
6.За інтенсивністю: марочна/ немарочна	Немарочна. Спеціальної марки програма немає.	Адаптація під інші виробництва призводить іноді до зміни функцій програми.

Таблиця 5.17 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Відсутні	Підприємства-клієнти	Відсутні	Виробництва хімічної та харчової промисловості	Програми вузької функціональності
Висновки	Відсутні	В ринок увійти можливо при достатній аргументації	Оскільки прикладна програма це інтелектуальний продукт, постачальниками	Презентація потенційним клієнтам нового багатофункціонального товару	Пропозиція використання відомого на ринку товару замість малофункціональних

		якості товару.	виступають розробники		
--	--	-------------------	--------------------------	--	--

Таблиця 5.18 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Наявність нових конкурентів	Моніторинг ринку, спроби технологічно випереджувати конкурентів
2	Наявність взаємозамінних товарів	Робота над адаптивністю систем для впровадження на різні типи, види та рівні виробництва
3	Конкуренція між існуючими компаніями	Порівняння, аналіз товару конкурентів, запозичення гарних тенденцій та запобігання помилок конкурентів

Таблиця 5.19 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін стартапу

Flexible Database

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Flexible Database.						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Наявність нових конкурентів	5			x				
2	Наявність взаємозамінних товарів	16						x	

3	Конкуренція між існуючими компаніями	12					x		
---	--------------------------------------	----	--	--	--	--	---	--	--

5.6. Ринкові стратегії стартап-проекту

Таблиця 5.20 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах сегменту	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входження у сегмент
1.	Підприємства хімічної промисловості	63%	89%	Конкуренція невисока, оскільки не так багато великих виробництв на території України	Спілкування напряму з представниками цільової аудиторії, загострення уваги не перевагах нашої програми.
2	Підприємства харчової промисловості	45%	78%		

Які цільові групи обрано: Для розвитку і «гарного» старту підприємства спочатку сконцентрувати увагу на цільовій групі невеликих підприємств у яких власне програмне забезпечення погане. Далі переходити до захоплення аудиторії великих заводів та пропонувати багатофункціональну програму.

Таблиця 5.21 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Доступна ціна для початку	Масовий маркетинг	Ідеальне для клієнта співвідношення ціна/якість	Стратегія лідерства по витратах
2.	Підписання довгострокових	Диференційований	Супровід систем, їх технічне	Стратегія диференціації

	контрактів	маркетинг	обслуговування, навчання персоналу	
--	------------	-----------	---------------------------------------	--

Таблиця 5.22 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є «першопрохід цем»?	Чи буде компанія шукати нових спо-живачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конку- рентної поведінки
1.	Ні, вдосконалена версія попередніх	Треба починати з прогресивних клієнтів, тих, хто готовий до експериментів	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія заняття конкурентної ніші

Таблиця 5.23 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто- спроможні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Аргументован а ціна. Супроводжен ня товару Необхідна якість	Стратегія диференціації	Продукція вищої якості за конкурентну. Можливість економити на ресурсах. Програми лояльності Супровід товару	Висока якість та надійність. Тривалі контракти. Програми лояльності.

5.6. Комерційна пропозиція

У цьому розділі складено комерційну пропозицію від ПП *Flexible Database*.

КОМЕРЦІЙНА ПРОПОЗИЦІЯ

від «05» грудня 2018 року

Шановні партнери!

Пропонуємо вашій увазі наш проект – прикладна програма по збору, моніторингу з можливістю віддаленого доступу для виробництв хімічної, металургійної та харчової промисловості на прикладі виробництва депарафінізації мастил з використанням розчинників

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації розглянуто процес депарафінізації мастил із використанням розчинників. Були розглянуті особливості процесу депарафінізації, проаналізовані існуючі системи керування кристалізатором.

Відповідно до особливостей виробництва розроблено систему автоматизації з використанням сучасних технічних засобів, принципово-електричну схему дистанційного керування та аварійного захисту електродвигунів, монтажно-комутаційну схему двигунів.

Було проведено ідентифікацію моделі кристалізатора за допомогою експериментальних досліджень за допомогою яких отримано статичну та динамічну характеристики процесу. Виконані дослідження, які підтвердили лінійність статичної характеристики каналу керування. За допомогою пакету *System Identification Toolbox* пакету *MatLab* була отримана модель динаміки об'єкту у вигляді передавальної функція каналу керування.

Після отримання динамічної моделі було налаштовано ПІ-, ПД- та ПІД-регулятори за допомогою вбудованого в *Matlab* бібліотеки *PID Tuning Toolbox*. Проведено порівняння результатів налаштованих регуляторів. Розроблено нечітку систему керування частотою обертання електродвигуна барабану у фільтрі в залежності від суми витрати охолодженого мастила на вході.

Системи керування які було отримано підвищують якість вихідного продукту, забезпечують ресурсо- та енергозбереження за рахунок зменшення часу перехідного процесу та оптимальним керуванням електродвигуна.

Також було розроблено стартап-проект. проведений аналіз ринку, внутрішнього та зовнішнього маркетингового середовища. Були визначені сильні та слабкі сторони проекту, розроблений стратегічний план розвитку.

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черножуков Н. И. Технология переработки нефти и газа. Ч. 3-я. Очистка и разделение нефтяного сырья, производство товарных нефтепродуктов. Под ред. А. А. Гуреева и Б. И. Бондаренко. — 6-е изд., пер. и доп. — М.: Химия, 1978 г. — 424 с.

2. Братичак М. М., Технологія нафти та газу: Навч. посібник. / О. Б. Гринишин – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2002. – 180 с. – 300 пр. – ISBN 966-533-218-9.

3. Ковалевський В. М. Методичні вказівки по виконанню розрахунково-графічної роботи курсу «Контроль та керування хіміко-технологічними процесами» до напрямку підготовки «Хімічна технологія» [Текст] / Уклад. В.М. Ковалевський // - К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 114 с. – Бібліогр.: с. 64–71.

4. Ковалевський В. М. Методичні вказівки до практичних занять з кредитного модуля «Електричні системи керування» навчальної дисципліни «Технічні засоби автоматизації – 2» для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» по спеціалізації «Автоматизація хіміко-технологічних процесів і виробництв» [Текст] / Укладач, В. М. Ковалевський, // – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 60 с.

5. Дьяконов В. П., Круглов В. В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002. – 448 с.

6. ParticleTrack G600/G600 Ex - Описание - METTLER TOLEDO [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.mt.com/int/ru/home/products/L1_AutochemProducts/FBRM-PVM-Particle-System-Characterization/FBRM/FBRM-G600.html. – Заголовок з екрану – Мова рос.

7. Siemens S7-400 Программируемый контроллер SIMATIC S7 400 Siemens PLC микроконтроллеры [Електронний ресурс] – Режим доступу:

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

<https://www.siemens-pro.ru/components/s7-400.htm>. – Заголовок з екрану –
Мова рос.

8. Шински Ф. Системы автоматического регулирования химико-технологических процессов. Пер. с. англ. под. ред. Н. И. Гельперина. М., «Химия», 1974.

					<i>ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток 1. Експериментальні данні

Таблиця Д1.1. Експериментальні дані

№	Температура, °С	Витрата холодоагенту, м³/год	Час, хв
1	33,22	54	0
2	33,33	56	2
3	33,11	56	4
4	33,165	49	6
5	33,22	50	8
6	33,44	50	10
7	33,66	50	12
8	34,1	50	14
9	34,32	49	16
10	35,2	51	18
11	35,64	50	20
12	36,85	51	22
13	37,4	49	24
14	39,05	51	26
15	40,48	49	28
16	41,03	51	30
17	42,02	49	32
18	42,57	49	34
19	43,12	49	36
20	43,67	50	38
21	44,22	50	40
22	43,89	51	42
23	44,11	50	44
24	44	49	46

25	43,89	51	48
26	44,11	51	50
27	44	50	52
28	43,45	54	54
29	42,9	55	56
30	42,46	54	58
31	41,58	54	60
32	40,37	55	62
33	38,83	54	64
34	37,4	55	66
35	36,41	54	68
36	35,86	55	70
37	35,09	55	72
38	34,21	55	74
39	33,88	55	76
40	33,33	54	78
41	32,89	54	80
42	33,22	54	82
43	33	54	84
44	33,22	54	86
45	33	54	88
46	33,11	54	90
47	33,055	55	92

Додаток 2. Лістинг програми MathCad дослідження регресійної моделі

$X := \begin{pmatrix} 52 \\ 48 \\ 47 \\ 47 \\ 48 \\ 51 \\ 49 \\ 50 \\ 53 \\ 51 \\ 50 \\ 52 \\ 50 \\ 48 \\ 47 \\ 49 \\ 50 \\ 48 \\ 49 \\ 52 \\ 53 \\ 50 \\ 48 \\ 47 \\ 51 \\ 48 \\ 49 \end{pmatrix}$	$Y := \begin{pmatrix} 39 \\ 41 \\ 45 \\ 43 \\ 44 \\ 37 \\ 40 \\ 39 \\ 37 \\ 38 \\ 41 \\ 37 \\ 41 \\ 43 \\ 45 \\ 42 \\ 40 \\ 44 \\ 46 \\ 40 \\ 43 \\ 41 \\ 38 \\ 39 \\ 43 \\ 46 \\ 41 \\ 43 \\ 42 \end{pmatrix}$	$X2 := \begin{pmatrix} 2704 \\ 2304 \\ 2209 \\ 2209 \\ 2304 \\ 2601 \\ 2401 \\ 2500 \\ 2809 \\ 2601 \\ 2500 \\ 2704 \\ 2500 \\ 2304 \\ 2209 \\ 2401 \\ 2500 \\ 2304 \\ 2209 \\ 2500 \\ 2304 \\ 2401 \\ 2704 \\ 2601 \\ 2500 \\ 2304 \\ 2209 \\ 2601 \\ 2304 \\ 2401 \end{pmatrix}$	$XY := \begin{pmatrix} 2028 \\ 1968 \\ 2115 \\ 2021 \\ 2112 \\ 1887 \\ 1960 \\ 1950 \\ 1961 \\ 1938 \\ 2050 \\ 1924 \\ 2050 \\ 2064 \\ 2115 \\ 2058 \\ 2000 \\ 2112 \\ 2162 \\ 2000 \\ 2064 \\ 2009 \\ 1976 \\ 1887 \\ 1950 \\ 2064 \\ 2162 \\ 2091 \\ 2064 \\ 2058 \end{pmatrix}$
---	---	--	--

$$\sum_{i=1}^N X_i \rightarrow 1482 \quad \sum_{i=1}^N Y_i \rightarrow 1234 \quad \sum_{i=1}^N X2_i \rightarrow 7310 \quad \sum_{i=1}^N XY_i \rightarrow 60800$$

$$\text{intercept}(X, Y) = 108.394$$

$$\text{slope}(X, Y) = -1.361$$

$$Y1 := 108.394 - 1.361X$$

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

	(52)		(37.622)		(39)		(-1.378)
	48		43.066		41		2.066
	47		44.427		45		-0.573
	47		44.427		43		1.427
	48		43.066		44		-0.934
	51		38.983		37		1.983
	49		41.705		40		1.705
	50		40.344		39		1.344
	53		36.261		37		-0.739
	51		38.983		38		0.983
	50		40.344		41		-0.656
	52		37.622		37		0.622
	50		40.344		41		-0.656
	48		43.066		43		0.066
X :=	47	Y1 =	44.427	Y :=	45	Y1 - Y =	-0.573
	49		41.705		42		-0.295
	50		40.344		40		0.344
	48		43.066		44		-0.934
	47		44.427		46		-1.573
	50		40.344		40		0.344
	48		43.066		43		0.066
	49		41.705		41		0.705
	52		37.622		38		-0.378
	53		36.261		37		-0.739
	50		40.344		39		1.344
	48		43.066		43		0.066
	47		44.427		46		-1.573
	51		38.983		41		-2.017
	48		43.066		43		0.066
	(49)		(41.705)		(42)		(-0.295)

i := 1..N

$$X1 := \begin{pmatrix} 1 & 52 & 2704 \\ 1 & 48 & 2304 \\ 1 & 47 & 2209 \\ 1 & 47 & 2209 \\ 1 & 48 & 2304 \\ 1 & 51 & 2601 \\ 1 & 49 & 2401 \\ 1 & 50 & 2500 \\ 1 & 53 & 2809 \\ 1 & 51 & 2601 \\ 1 & 50 & 2500 \\ 1 & 52 & 2704 \\ 1 & 50 & 2500 \\ 1 & 48 & 2304 \\ 1 & 47 & 2209 \\ 1 & 49 & 2401 \\ 1 & 50 & 2500 \\ 1 & 48 & 2304 \\ 1 & 47 & 2209 \\ 1 & 50 & 2500 \\ 1 & 48 & 2304 \\ 1 & 49 & 2401 \\ 1 & 52 & 2704 \\ 1 & 53 & 2601 \\ 1 & 50 & 2500 \\ 1 & 48 & 2304 \\ 1 & 47 & 2209 \\ 1 & 51 & 2601 \\ 1 & 48 & 2304 \\ 1 & 49 & 2401 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 39 \\ 41 \\ 45 \\ 43 \\ 44 \\ 37 \\ 40 \\ 39 \\ 37 \\ 38 \\ 41 \\ 37 \\ 41 \\ 43 \\ 45 \\ 42 \\ 40 \\ 44 \\ 46 \\ 40 \\ 43 \\ 41 \\ 38 \\ 37 \\ 39 \\ 43 \\ 46 \\ 41 \\ 43 \\ 42 \end{pmatrix}$$

$$B := (X1^T \cdot X1)^{-1} \cdot (X1^T \cdot Y) \quad B = \begin{pmatrix} 101.2321 \\ -1.0482 \\ -0.0034 \end{pmatrix}$$

$$Y2 := B_1 + B_2 \cdot X1^{(2)} + B_3 \cdot (X1^{(3)})$$

(52)	(39)	(37.622)	(1.89888)	(4.694)
48	41	43.066	4.26836	0.028
47	45	44.427	0.32833	14.694
47	43	44.427	2.03633	3.361
48	44	43.066	0.87236	8.028
51	37	38.983	3.93229	17.361
49	40	41.705	2.90703	1.361
50	39	40.344	1.80634	4.694
53	37	36.261	0.54612	17.361
51	38	38.983	0.96629	10.028
50	41	40.344	0.43034	0.028
52	37	37.622	0.38688	17.361
50	41	40.344	0.43034	0.028
48	43	43.066	0.00436	3.361
47	45	44.427	0.32833	14.694
49	42	41.705	0.08702	0.694
50	40	40.344	0.11834	1.361
48	44	43.066	0.87236	8.028
47	46	44.427	2.47433	23.361
50	40	40.344	0.11834	1.361
48	43	43.066	0.00436	3.361
49	41	41.705	0.49703	0.028
52	38	37.622	0.14288	10.028
53	37	36.261	0.54612	17.361
50	39	40.344	1.80634	4.694
48	43	43.066	0.00436	3.361
47	46	44.427	2.47433	23.361
51	41	38.983	4.06829	0.028
48	43	43.066	0.00436	3.361
49	42	41.705	0.08702	0.694

$$S_{2adln} := \frac{\sum_{i=1}^N (Y1_i - Y_i)^2}{N - 2} = 1.23 \quad \text{- залишкова дисперсія}$$

$$S_{2y} := \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - My)^2}{N - 1} = 7.523 \quad \text{- дисперсія } Y \quad \text{Var}(Y) = 7.523$$

$$F := \frac{S_{2y}}{S_{2adln}} = 6.115 \quad \text{- розрахункове значення критерію Фішера}$$

$$K1ln := S_{2adln} = 1.23$$

$$K1kv := S_{2adkv} = 1.261$$

$$qF\left(1 - \frac{\alpha}{2}, 29, 29\right) = 2.101 \quad \text{критичне значення критерію Фішера}$$

					ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

$$K2ln := \frac{\sum_{i=1}^N (Y1_i - Y_i)^2}{N} = 1.148$$

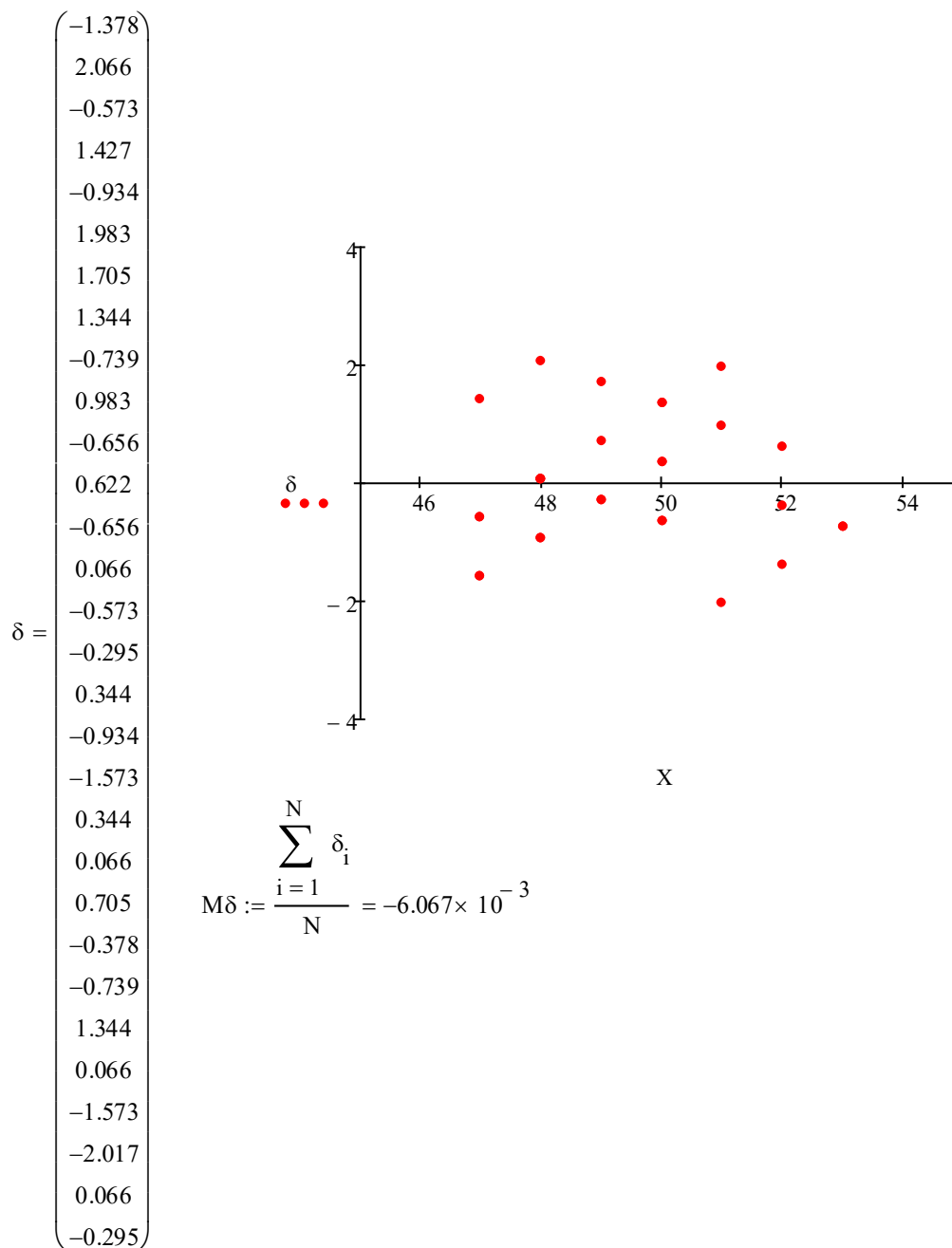
$$K3ln := \frac{\sum_{i=1}^N |Y1_i - Y_i|}{N} = 1.378$$

$$K2kv := \frac{\sum_{i=1}^N (Y2_i - Y_i)^2}{N} = 1.135$$

$$K3kv := \frac{\sum_{i=1}^N |Y2_i - Y_i|}{N} = 1.467$$

i := 1..N

$\delta := Y1 - Y$



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мн.01.МД.00.001 ПЗ

Арк.

94

$$S2b0 := S2adln \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (X_i)^2}{\sum_{i=1}^N (X_i - Mx)^2} = 909.196 \quad \text{оцінка дисперсії коефіцієнта } b_0$$

$$Sb0 := \sqrt{S2b0} = 30.153 \quad \text{оцінка СКВ коефіцієнта } b_0$$

$$t := \frac{|b0 - 0|}{\sqrt{S2b0}} = 1.782 \quad \text{розрахункове значення критерію}$$

$$tkr := qt\left(\frac{1+P}{2}, N-2\right) = 2.048 \quad \text{критичне значення критерію}$$

$$b0 - tkr \cdot Sb0 = -115.494 \quad \text{нижня границя довірчого інтервалу}$$

$$b0 + tkr \cdot Sb0 = 8.037 \quad \text{верхня границя довірчого інтервалу}$$

$$S2b1 := S2adln \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^N (X_i - Mx)^2} = 0.012 \quad \text{оцінка дисперсії коефіцієнта } b_1$$

$$Sb1 := \sqrt{S2b1} = 0.111 \quad \text{оцінка СКВ коефіцієнта } b_1$$

$$t := \frac{|b1 - 0|}{\sqrt{S2b1}} = 17.249 \quad \text{розрахункове значення критерію}$$

$$tkr := qt\left(\frac{1+P}{2}, N-2\right) = 2.048 \quad \text{критичне значення критерію}$$

$$b1 - tkr \cdot Sb1 = 1.693 \quad \text{нижня границя довірчого інтервалу}$$

$$b1 + tkr \cdot Sb1 = 2.149 \quad \text{верхня границя довірчого інтервалу}$$

$$S2adln := \frac{\sum_{i=1}^N (Y1_i - Y_i)^2}{N-2} = 1.23 \quad \text{залишкова дисперсія лінійної моделі}$$

$$S2adkv := \frac{\sum_{i=1}^N (Y2_i - Y_i)^2}{N-3} = 1.261 \quad \text{залишкова дисперсія квадратичної моделі}$$

$$F := \frac{S2adkv}{S2adln} = 1.025 \quad \text{розрахункове значення критерію Фішера}$$

$$qF\left(1 - \frac{\alpha}{2}, 29, 29\right) = 2.101 \quad \text{критичне значення}$$

Додаток 3. Специфікація устаткування, до схеми автоматизації

Позиція на схемі	Технологічний параметр	Середовище і місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Устаткування та прилади								
1А 10А	Витрата		—	Трубопровід 11	Діафрагма камерна, Р _у = 0,6 МПа, D _{тр} = 125 мм	ДКС 0,6-125	4	ВАТ «Пром-прилад», м. Івано-Франківськ
3А 6А				Трубопровід 19				
2А 7А				Трубопровід 28	Діафрагма камерна, Р _у = 0,6 МПа, D _{тр} = 200 мм	ДКС 0,6-200	4	
19А 20А				Трубопровід суміші				
1Б 2Б 3Б 6Б 7Б 10Б 19Б 20Б	— “ —	— “ —	— “ —	Місцевий	Дифманометр тензометричний з пропорційною функцією перетворення I _{вих} = 0...5 мА	«Сафір-М»	8	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мп.11.МД.00.001 С

Арк.

96

2В 7В	___ “ ___	___ “ ___	___ “ ___	На пульті керування	Блок ручного управління, АІ1 = 4...20мА, живлення 220 В, АО1 = 4...20мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	2	м. Івано- Франківськ, вул. Автолітмашев ська, 5, ООО «МІКРОЛ»
1Г	___ “ ___	___ “ ___	___ “ ___	Щит керування	Мікропроцесорний контроллер	Siemens SIMATIC S7- 400	1	DP "Siemens Ukraine" Ukraine, Kyiv, 03038 Nikolaya Grinchenko Str. 4
2Г 7Г	___ “ ___	___ “ ___	___ “ ___	Місцевий	Перетворювач електро- пневматичний	РС-28G/A	2	Аплісенс г. ТЕРНОПІЛЬ: 46020, ул. Лукьяновича, 3а
2Д	___ “ ___	___ “ ___	___ “ ___	Трубопровід 28	Регулювальний клапан пневматичний нормально закритий, Ду = 200, Ру = 25, температура -46...+427 °С	Samson 3310	2	"Самсон Инжиниринг" 02002, г.Киев, ул. Е.Сверстюка 19, этаж 10, офис 4.
7Д								
4А 9А	Температу ра	Апарат	40...50 °С	Кристалізато р	Термоперетворювач опору мідний, позначення НСХ 50М, діапазон вимірювання	ТСМ-1388	5	м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мп.11.МД.00.001 С

Арк.

97

11А 12А			5...15 °С	Етановий холодильник	–50...120 °С, область застосування рідкі та газоподібні середовища, $I_{\text{вимір/мак}} = 5 \text{ мА}$, $W_{100} = 1.4280$.			
14А			70...80 °С	Колона регенерації				
4Б 9Б 11Б 12Б 14Б	— “ —	— “ —	— “ —	По місцю	Перетворювач сигналу від термометра опору ТСМ для передачі сигналу 4...20 мА до пульту керування	БПО-32	5	м. Івано- Франківськ, вул. Автолітмашев ська, 5, ООО «МІКРОЛ»
4В 9В 11В 12В 14В	— “ —	— “ —	— “ —	На пульті керування	Блок ручного управління, $AI1 = 4...20\text{мА}$, живлення 220 В, $AO1 = 4...20\text{мА}$, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	5	м. Івано- Франківськ, вул. Автолітмашев ська, 5, ООО «МІКРОЛ»
4Г 9Г 11Г 12Г 14Г	— “ —	— “ —	— “ —	Місцевий	Перетворювач електро- пневматичний	РС-28G/A	5	Аплісенс г. ТЕРНОПОЛЬ: 46020, ул. Лукьяновича, 3а
4Д 9Д	— “ —	Трубопровід, аміак	— “ —	Трубопровід 11	Регулювальний клапан пневматичний нормально закритий, $D_u = 200$, $P_u = 25$, температура –46...+427 °С	Samson 3310	4	"Самсон Инжиниринг" 02002, г.Киев, ул. Е.Сверстюка 19, этаж 10, офис 4.
11Д 12Д 14Д	— “ —	Трубопровід, етан	— “ —	Трубопровід 19				

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мп.11.МД.00.001 С

Арк.

98

5А 8А	Розмір	Апарат		Кристалізатор	Вимірювач розміру (зонд)	ParticleTrack G600	2	Mettler-Toledo GmbH Ockerweg 3, 35353 Giessen [Postfach 110840, 35353 Gießen] Germany
5Б 8Б	— “ —	— “ —	— “ —	Місцевий	Блок обчислень			
13А	Тиск	Апарат	—	Колона регенерації	Перетворювач тиску мікропроцесорний, вихідний сигнал постійного струму 4...20 mA.	ОВЕН ПД100	6	БАТ «Промприлад» , м. Івано- Франківськ
24А 25А 26А		Трубопровід		Трубопровід				
21А								
22А								
16А 17А	Тиск	Вакуум приймач фільтратів	0.034 кг/см ²	По місцю	Перетворювач тиску мікропроцесорний, вихідний сигнал постійного струму 4...20 mA.	ОВЕН ПД100	2	БАТ «Промприлад» , м. Івано- Франківськ
24Б 25Б 26Б	— " —	— " —	—	Щит керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-17-К01, вихід АО1= 4...20 mA	ІТМ-11	3	м. Івано- Франківськ, вул. Автолітмашев ська, 5, ООО «МІКРОЛ»
15А 23А	В'язкість	— " —	6.7...7.8	Трубопровід	Віскозиметр ротаційний	Micro Motion Viscomaster	2	ООО "Эмерсон"

					ЛА72мп.11.МД.00.001 С	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

18A	Частота	___ " ___	1...3 об/хв	По місцю	Електронний промисловий тахометр	СОТ-4	1	ООО "ИМПУЛЬС"
KM1 KM2 KM3 KM4 KM5 KM6	Аварійний захист	___ " ___	___ " ___	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах AC 400V/DC24V контакти AC1 16A/250V, контакти DC1 16A/24V	RM63	6	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL1 HL2 HL5 HL6 HL9 HL10	___ " ___	___ " ___	___ " ___	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю E27/27	B215-225- 40	6	м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»
KM1 KM2 KM3	Технологіч на сигналізаці я	___ " ___	___ " ___	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах AC 400V/DC24V контакти AC1 16A/250V, контакти DC1 16A/24V	RM63	3	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мп.11.МД.00.001 С

Арк.

100

Дистанційне управління електромоторами

МП1	Вмик/Вимик живлення 380 В	Барабан фільтру	380 В, 10 кВт	На пульті керування	Магнітний пускач, роб. струм 23 А, допустима потужність електромотора 10 кВт живлення 380 В, з тепловим реле ТРН-8	ПМЕ-222	4	м. Київ вул. Магнітогорська 1а «ТЕХНОТОН»
МП2		Насос потоку води						
МП3		Вакуум-компресор						
МП4								
FP1 FP2 FP3 FP4 FP5 FP6 FP7 FP8	Контроль струму у ланцюгу	Ланцюг живлення	0...25 А	По місцю	Автоматичний вимикач з тепловим реле, струм відключення 25 А, 380 В, 50 Гц., час відключення 0.05 с.	КЭАЗ серія ВА13-25-380	8	м. Харків провулок Монгольський
FU1 FU2 FU3 FU4	Запобіжний контроль струму у ланцюгу живлення	Ланцюг живлення	10 А	На пульті керування	Плавкий запобіжник МАХ струм 10 А, ГОСТ 17242, 220 В, контакти з електротехнічної міді, ТУ 3424-050-057581109-2009	КЭАЗ НПН2-60-У3, 10 А	4	м. Харків провулок Монгольський
SA1 SA2 SA3 SA4	Вмик/Вимик живлення	—	220 В	На пульті керування	Кулачковий перемикач ланцюга живлення, 220 В	4G25-10-US5-R112	4	м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20
SB1 SB3 SB5	Вимикання живлення	— " —	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, червона «Стоп»	ХВ2-ВА31	3	м. Київ вул. Магнітогорська 1а «ТЕХНОТОН»

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мп.11.МД.00.001 С

Арк.

101

SB2 SB4 SB6	Вмикання живлення	— " —	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Старт»	XB2-BA42	3	м. Київ вул. Магнітогорська 1а «ТЕХНОТОН»
KM2 KM4 KM6	Дискретний сигнал системи аварійного захисту	— " —	220 В	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах АС 400V /DC24V контакти АС1 16А/250 V, контакти DC1 16А/24V	RM63	3	м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL4 HL8 HL12	Сигналізація вмикання живлення	— " —	220 В	На пульті керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год., тип цоколю E27/27	B215-225-40	3	м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL3 HL7 HL11	Сигналізація вимикання живлення	— " —	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю E27/27	B215-225-40	3	м. Київ, вул. Лепсе, 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL1 HL5 HL9	Сигналізація аварії насосу							
HL2 HL6 HL10	Сигналізація про спрацювання аварійного захисту							

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛА72мп.11.МД.00.001 С

Арк.

102