

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) автоматизації і комп'ютерних систем  
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ Андрій ФОРСЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ярослав СМІТЮХ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**  
зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми “Інтелектуальні комп'ютерні системи  
керування”

на тему: «Інтелектуальне керування відділенням дефекосатурації цукрового  
заводу на основі методів нелінійної динаміки»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи АІ-2-1М

\_\_\_\_\_ Зіменко Максим Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Іващук В'ячеслав Віталійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Андрій МОШЕНСЬКИЙ  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незгоєволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2024р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.

Освітній ступінь Магістр

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

Освітньо-професійна програма “Інтелектуальні комп'ютерні системи керування”

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач**

**кафедри** \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Зіменко Максима Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інтелектуальне керування відділенням дефекосатурації цукрового заводу на основі методів нелінійної динаміки

керівник роботи проф., доктор технічних наук Іващук В'ячеслав Віталійович,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “19” грудня 2023 року № 1006-КС

2. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Апаратурно-тетехнологічна схема основного відділення. Організаційна, технічна та інформаційна структура існуючих ІАСУ та АСУТП. Вимоги до системи автоматизації, що проектується.

4. Вступ. Розділ 1. Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний . 1.1

Аналіз технологічного комплексу відділення дефекосатурації цукрового заводу як складної нелінійної системи. 1.2 Аналіз існуючих алгоритмів інтелектуального керування подібними процесами та підсистемами в цілому.

1.3. Інтеграції механізмів інтелектуальної обробки даних складними технологічними комплексами. Розділ 2 – Загальносистемні рішення. 2.1.

Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом). 2.2.

Опис функцій, що інтелектуалізуються. 2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram). 2.4. Визначення функцій користувачів (Use Case diagram). 2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи. 2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК. 2.6.1.

Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, Activity diagram). 2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації підсистем (Sequence diagram).

2.7 АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВІДДІЛЕННЯМ ДЕФЕКОСАТУРАЦІЇ

ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ.  
2.7.1 Системний аналіз процесу очистки дифузійного соку. 2.7.2 Аналіз задач керування відділенням сокоочистки в умовах детермінованого хаосу. Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення. 3.1. Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи. 3.2. Розробка міжпрограмної взаємодії ІСК (Internal Block diagram). 3.3 Визначення параметрів ІСК (Parametric diagram). 3.4. Розробка та моделювання ІСК 3.4.1 Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних. 3.4.2 Розробка бази правил для нечіткої системи. 3.4.3 Побудова нечіткого регулятора. Висновок. Список використаної літератури.

5. Консультанти розділів роботи.

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

1	Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	листопад 2023р.	
2	Розділ 2 – Загальносистемні рішення.	грудень 2023р.	
3	Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК	січень 2024	

Здобувач

\_\_\_\_\_

(підпис)

Максим ЗІМЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

В'ячеслав ІВАЩУК

(прізвище та ініціали)

## Анотація

Дана кваліфікаційна робота розроблена на тему: Інтелектуальне керування відділенням дефекосатурації цукрового заводу на основі методів нелінійної динаміки.

В роботі було проаналізовано основні способи діагностики ТЗА, та обраний метод контрольних карт Шухарта для оперативної діагностики та прогнозування. Розроблена інтелектуальна система управління процесом сатурації, система підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки.

Розроблена база знань нечіткої логіки, проведена лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних, створені функції належності вхідних та вихідних величин. Розроблена база правил для нечіткої системи.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						5
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## Annotation

This qualification work was developed on the topic: Intelligent control of the defecosaturation department of a sugar factory based on the methods of non-linear dynamics.

In the work, the main methods of diagnosis of TZA were analyzed, and the Shuhart control chart method was chosen for operative diagnosis and forecasting. An intelligent system for controlling the saturation process, a decision support system based on fuzzy logic was developed.

The knowledge base of fuzzy logic was developed, the linguistic approximation of input and output variables was carried out, the membership functions of input and output values were created. A rule base for a fuzzy system has been developed.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

## Зміст

Вступ.....	9
Розділ 1. Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний.....	12
1.1 Аналіз технологічного комплексу відділення дефекосатурації цукрового заводу як складної нелінійної системи .....	12
1.2 Аналіз існуючих алгоритмів інтелектуального керування подібними процесами та підсистемами в цілому.....	25
1.3. Інтеграції механізмів інтелектуальної обробки даних складними технологічними комплексами.....	30
Розділ 2 – Загальносистемні рішення.....	34
2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом)....	34
2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються.....	47
2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram) .....	49
2.4. Визначення функцій користувачів (Use Case diagram) .....	51
2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи .....	53
2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК.....	54
2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, Activity diagram) .....	54
2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації підсистем (Sequence diagram).....	57
2.7 АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВІДДІЛЕННЯМ ДЕФЕКОСАТУРАЦІЇ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ .....	59
2.7.1 Системний аналіз процесу очистки дифузійного соку .....	59
2.7.2 Аналіз задач керування відділенням сокоочистки в умовах детермінованого хаосу.....	61
Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення.....	68
3.1. Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи .....	68
3.2. Розробка міжпрограмної взаємодії ІСК (Internal Block diagram) .....	73
3.3 Визначення параметрів ІСК (Parametric diagram).....	74

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

3.4. Розробка та моделювання ІСК .....	77
3.4.1 Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних .....	77
3.4.2 Розробка бази правил для нечіткої системи. ....	82
3.4.3 Побудова нечіткого регулятора .....	85
Висновок .....	94
Список використаної літератури .....	95

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

## Вступ

Цукрове виробництво є одним з складних і енерговитратних галузю харчової промисловості.

При моделюванні поведінки складних технологічних систем мають ряд важливих параметрів, (високий рівень шуму, неоднорідність фазового простору, зміна параметрів системи.). При цьому особлива увага приділяється визначенню наявності нелінійностей в динаміці, оскільки її майже повністю змінюється поведінка технологічних об'єктів.

Основне призначення та переваги ефективного використання інтелектуальних систем керування (ІСК) є можливість стовідсоткового досягнення заданої мети управління. У той же час передбачається, що процес ІСК є складним технологічним об'єктом станції дефекосатурації (технологічний процес контуру/виробництва, агрегата, комплекс, об'єкта), який виконується в умовах невизначеностей завдяки ієрархічній структури вирішення технічних та технологічних завдань та формування керуючих дій.

Під час процесу відділення дефекосатурації можуть виникнути непередбачувані ситуації. Відношення корисного ефекту інтелектуальної системи керування залежить від рівня інтелектуальності, тобто здатність до адаптивності та використання новітніх сучасних методів – оптимальності, урахуванням прогнозів, прецедентів та інше. Завдяки цьому інтелектуальність визначає глибину використання даних, правил, знань, інструментів, накопичення та збереження інформації інтелектуальних обчислень.

У роботі запропоновано для виробництва цукра, а саме інтелектуальне керування відділенням дефекосатурації на основі методів нелінійної динаміки.

Формування високоякісної очистки дифузійного соку при дефекосатурації можливо лише за умови забезпечення динамічної стійкості технологічних процесів.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9



Рисунок 1.1 – Відділення дефекосатурації

**Актуальність кваліфікаційної** роботи полягається у використанні нелінійної динаміки, що дозволяє збільшити ефективність управління дефекосатурації, яка створена з декількох багатьох стадій неперервно-періодичних процесів (теплові, масообмін, гідромеханічні, біохімічні та інші).

**Наукова новизна** розв'язання складних завдань як тереотичних так і прикладних, аналіз та обробка інформації сатурації на принципах нелінійного моделювання, що дозволяє легко враховувати фактори, що створюють труднощі: наявність дискретних та безперервних елементів, нелінійні характеристики, випадкові впливи, зовнішні втручання.

Розробка структури інтелектуальної системи керування цукрового виробництва – відділення дефекосатурації.

Для виконання кваліфікаційної роботи було використано програмне середовище Matlab та Simulink, Fractan, Gilmore's Test для покращення та вирішення складних технологічних завдань.

**Мета дослідження** є визначення оптимальних параметрів технологічного процесу, на базі побудови стратегій управління процесу із принципами нелінійної динаміки.

**Об'єктом дослідження** - процес функціонування складних технологічних процесів відділення дефекосатурації цукрового заводу.

**Предмет дослідження** - властивості, залежність процесу від різних передбачених та непередбачених умов інтелектуальної системи, що розглядаються у відділенні дефекосатурації, як системи обробки інформації, що в свою чергу функціонально моделюють природній зв'язок інтелекту і є підсилювачем, а не заміниками інтелектуальних здібностей. Тобто у виконанні кваліфікаційної роботи задіяна комп'ютерна програма, що здатна аналізувати і розраховувати різноманітні завдання.

**Методологія дослідження** - Використання новітніших методів у сумісності із традиційними методами нелінійної динаміки систем. Достовірність теоретичних правил і результатів проведених досліджень із використання математичного моделювання та експериментальних даних. Дослідження нелінійних динамічних процесів сатурації та встановлення впливу різних параметрів технологічних режимів.

**Практичне значення отриманих результатів.** Модернізація технічного обладнання цукрового виробництва, покращення виготовлення продуктового продукту (цукор).

Вдосконалення функціональної структури інтелектуальної системи керування процесом очищення дифузійного соку для подальшого використання в цукровій галузі.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

# Розділ 1. Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний огляд літератури та постановка задач дослідження

## 1.1 Аналіз технологічного комплексу відділення дефекації цукрового заводу як складної нелінійної системи

Для покращення інтелектуальної системи керування технологічними процесами цукрового виробництва, і відділення дефекації, на підприємствах України та інших держав використовуються різноманітні системи автоматизації.

Цукрова галузь вважається одне з найскладніших харчових виробництв. На підприємстві використовується технологічна схема сокоочистки з холодною прогресивною перед дефекації, холодною дефекацією та гарячою дефекацією.

Цукор, що міститься у буряках, витягують екстракцією (дифузією). Для цього буряки подрібнюють в тонку стружку на бурякорізках. Бурякова стружка подає в дифузійний апарат з гарячою водою температурою 75°C.

У процесі дифузії виходить сирий (дифузійний) сік, а стружка, що залишилася після виділення соку, називається жомом. Жом віджимають до вмісту сухих речовин-22% і використовують як корм для худоби. Жомопресову воду повертають на дифузію. Дифузійний сік прямує на очищення.

Отриманий сік у похиленому дифузійному апараті надходить по трубопроводу через підкачки насосом без підігрівання через витратомір і піно відділення, що направлена у першу секцію горизонтального перед дефекатора прогресивної дії. Він являється великою закритою посудиною, що розділена на 6 секцій.

Метою попередньої дефекації є нейтралізація кислот дифузійного соку, коагуляція та осадження в осад значної частини колоїдних речовин та інших не цукорів.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		12

Процес попередньої дефекації дозволяє при постійному додаванні вапна досягти поступового наростання лужності, при цьому досягаються сприятливі умови для коагуляції (рН 11.0 і нижчих його значеннях), що дає можливість помітно прискорити фільтрування соку І сатурації. дозволяє виконати ланцюг процесу попередньої дефекації.

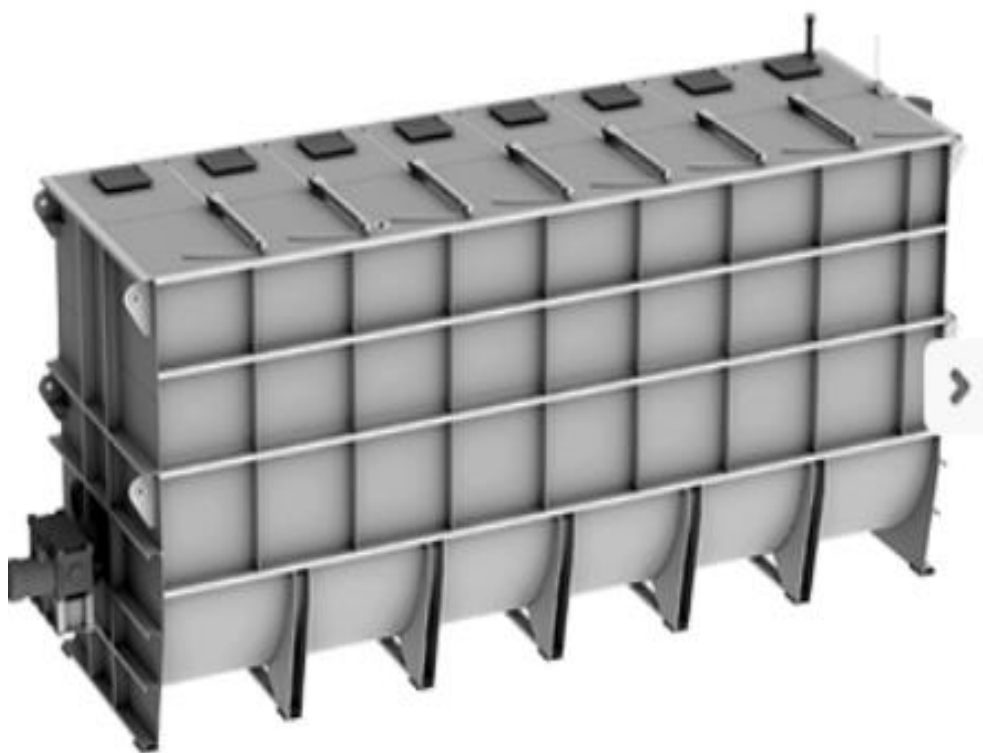


Рисунок 1.2 - Прогресивний переддефекатор Р4-ППД-4.

Додавання згущеної суспензії осаду соку І сатурації в зону зі значенням  $pH < 10$  дає можливість отримати осад з кращими властивостями фільтрації, т.к. частинки коагуляту іони  $Ca^{2+}$ , що випадають в осад, будуть зв'язуватися частинками повернення, що містять  $CaCO_3$ , в більш жорсткі агрегати. Тут відбуваються реакції коагуляції та осадження.

Іони  $Ca^{2+}$  вступають у реакцію з аніонами щавлевої, лимонної, винної, оксилімонної та фосфорної кислот, утворюючи солі  $Ca$ , нерозчинні у воді. Осадження відбувається поступово в інтервалі рН 9.0-11.5 разом із агрегатами

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

високомолекулярних сполук. Цілковим вони випадають в осад лише на сатурації після зниження лужності в результаті адсорбції аніонів карбонатом  $\text{Ca}^{2+}$  та осадження  $\text{Ca}^{2+}$  у вигляді  $\text{CaCO}_3$ . Також йдуть реакції коагуляції та осадження високополімерів. Коагулюють білки, сапоніни, барвники.

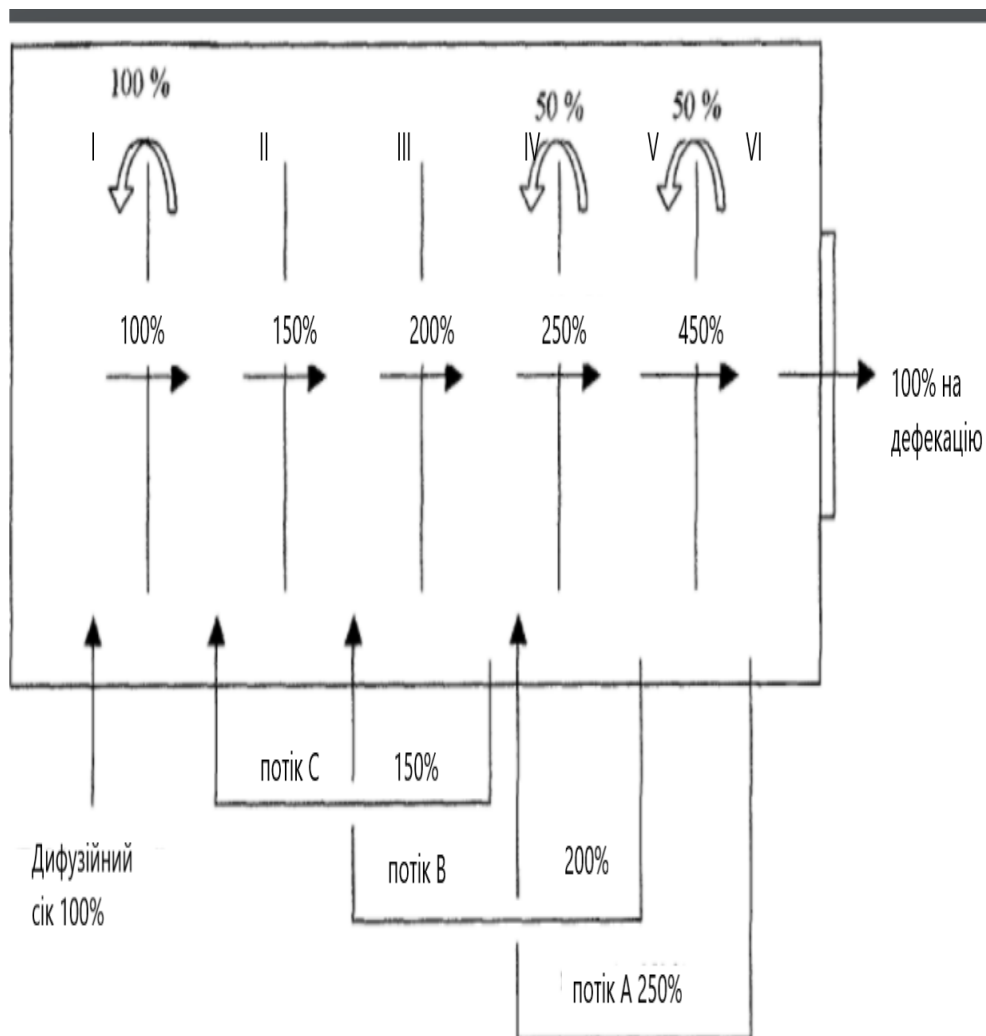


Рисунок 1.3 - Бригель-Мюллера преддефекатор прогресивного дії.

Головним завданням основної дефекації є розкладання амідів кислот (солей амонію), омилення жирів, а також створення надлишку вапна необхідного для отримання достатньої кількості осаду  $\text{CaCO}_3$  на 1-й сатурації.

Цілковим провести реакцію розкладання на основній дефекації не можна, але прагнути цього потрібно, т.к. незакінчені реакції розкладання призводять до:

- розкладання інвертного цукру, при цьому знижується рН і підвищується кольоровість;

- падіння лужності на випарку;

- підсилення піноутворення.

На основній дефекації подається надлишок вапна, що дає можливість отримувати на I сатурації сік з дрібними однорідними кристалами  $\text{CaCO}_3$ , що має підвищену фільтраційну та адсорбційну здатність.

Мета першої сатурації - очищення соку методом адсорбції та отримання осаду  $\text{CaCO}_3$  з хорошими фільтраційними та седиментаційними властивостями. У процесі сатурації відбувається адсорбція солей Са і деяких кислот, що є продуктами лужного розпаду інвертного цукру, що утворився на основній дефекації. Особливе значення має адсорбція поверхнево-активних речовин, що уповільнюють процес кристалізації та погіршують якість продукції.

Сатурацію проводять при температурі 80-85  $^{\circ}\text{C}$ , рН 10,8-11,4 та час витримки 8-10 хв. На 1-й сатурації при обробці дефекованого соку діоксидом вуглецю утворюються кристали карбонату кальцію, поверхні яких адсорбуються несахара. Коефіцієнт використання сатураційного газу на 1-й сатурації складає 60-65%.

Після проведення 1-ї сатурації сік нагрівають ширококанальних пластинчастих теплообмінниках до температури 85-90  $^{\circ}\text{C}$  і направляють на фільтрацію. Осад карбонату кальцію з нецукрами, що адсорбуються, і коагулянт (фільтраційний осад) виводять у відходи. Сатурацію проводять у дві стадії: перша і друга (з проміжним відділенням осаду нецукрових) для того, щоб запобігти зворотному переходу в розчин нецукорів випали в осад на стадіях попередньої дефекації та основної дефекації. Додатковою дефекацією перед II сатурацією досягають розкладання редукувальних речовин, що залишилися в соку, і додаткового розкладання амідів, підвищується ефект очищення і зменшується вміст солей Са.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		15



Рисунок 1.4 – Апарат першої сатурації

Структурна схема 1. Сокоочищення дифузійного продукту з установкою Бригель-Мюллера та холодною і гарячою дефекацією

<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

*Арк.*

16

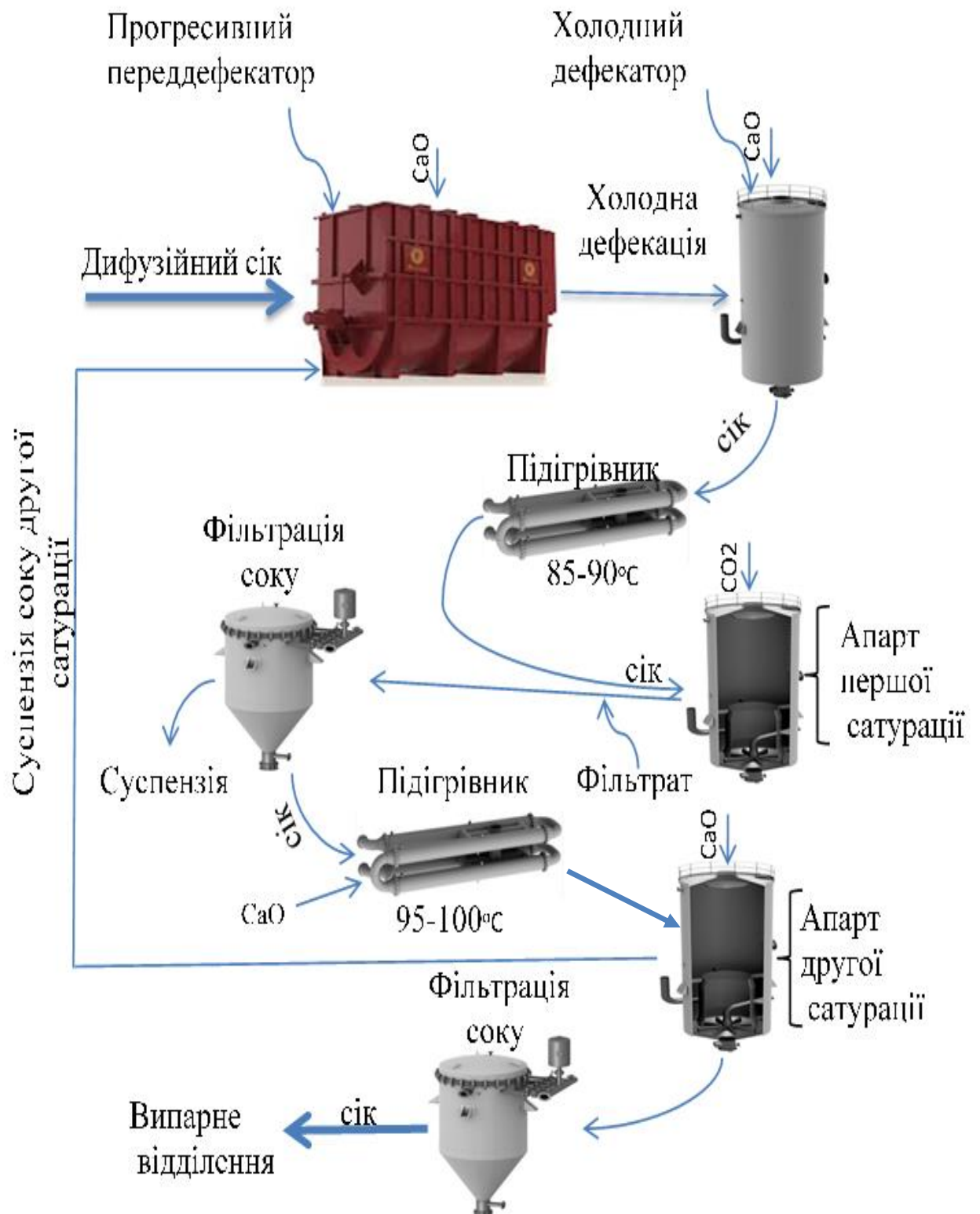


Рисунок 1.5 - Структурна схема відділення defeкосатурації

Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## Технологічний процес очищення дифузійного соку

Дифузійний сік попередньо очищають у пастках безперервної дії від завислих частинок. Далі сік надходить у підігрівачі (ширококанальні пластинчасті теплообмінники) для нагрівання до температури 850С і потім прямує в переддефекатор безперервної дії. У переддефекатор подають 02-03% оксиду кальцію СаО до маси буряків. У переддефекаторі плавне збільшення рН соку дає можливість кожній групі колоїдних частинок коагулювати при певному потрібному для неї значенні рН.

На переддефекації, де сік досягає метастабільного стану рН 8.5-9.5, вводиться вся згущена суспензія соку II сатурації, а також 150% до маси буряків соку I сатурації (нефільтрованого). Холодна переддефекація (температура до 50 0С) триває (20-30) хвилин, тепла (температура 50-60 0С) – 15 хвилин. З переддефекатора сік без підігріву надходить в апарат на холодну (теплу) основну дефекацію, де поєднується з вапняним молоком (1-1.8)% СаО маси буряків. Оптимальна тривалість холодної дефекації (20-30) хвилин, теплої – 15 хвилин. Після холодної дефекації сік нагрівається до температури (85-90) 0С підігрівачах (ширококанальних пластинчастих теплообмінниках) і подається в дефекатор (гаряча дефекація), де витримується 10 хвилин. На виході з дефекатора до соку додається вапняне молоко (0.5-0.7)% СаО маси буряків підвищення фільтрувальних властивостей соку I сатурації. Далі дефекований сік надходить у циркуляційну збірку, де змішується з 5-7 кратною кількістю соку I сатурації, що рециркулюється за зовнішнім контуром, і в апараті I сатурації сатурується протягом 10 хвилин до рН 10.8-11.6. Потім сік самопливом надходить у збірник і насосом через підігрівач (ширококанальний пластинчастий теплообмінник) перекачується в напірну збірку, розташовану приблизно на висоті 6 м над листовими фільтрами.

У ФІЛСах (рамка фільтрувальна) сік I сатурації поділяється на фільтрат і згущену суспензію. Достоїнствами ФІЛС є: простота конструкції, мала металомісткість, мала займана площа, в 3-5 разів менше витрат часу на

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						18
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

фільтрування, а також вищий (в 1.5-2 рази) вміст твердої фази в суспензії, що підвищує продуктивність вакуум-фільтрів.

Суспензія через нижню збірку і верхню напірну збірку направляє у вакуум-фільтри, де після відділення та промивання фільтрований осад виводиться у відходи, а фільтрат відокремлюється в ресивері і змішується з нефільтрованим соком I сатурації в нижній збірці.

Застосування вакуум-фільтрів обумовлено повним відділенням частинок осаду від соку та промивання осаду від сахарози.

До фільтрованого соку, що надходить з ФІЛС, додають вапняне молоко 0.2-0.5% СаО маси буряків, нагрівають суміш за допомогою пластинчастих теплообмінників до температури 92-950С і протягом 4-5 хвилин піддають додаткової дефекації в дефекаторі.

З дефекатора сік самопливом надходить у сатуратор, де протягом 20 хвилин сатурується до оптимальної лужності 0.01-0.025% СаО (рН 9-9.5), потім насосом через нижню збірку перекачується в напірну збірку, фільтрується на листових фільтрах і подається в сульфітатор обробляють сульфітованим газом 10-12% SO<sub>2</sub> до лужності 0.05-0.1% СаО (рН 8.5-8.8).

Сульфітований газ отримують шляхом спалювання сірки в печах сірчаных. Газ охолоджують у сублиматорі і вентилятором подають у нижню частину сульфітатора. Сульфітований сік спочатку насосом подається на дискові фільтри. Фільтрований сік направляють на випарну станцію.

Згущена суспензія соку II сатурації зі збірки повертається на переддефекацію, де кристали карбонату кальцію цієї суспензії, що володіють досить високим позитивним х-потенціалом, використовуються як затравальні центри для осадження нецукорів, що коагулюють.

При переробці буряків гарної якості застосовують більш просту схему очищення дифузійного соку з гарячою оптимальною переддефекацією (коли дифузійний сік нагрівають за допомогою теплообмінників FREE FLOW до температури 85-90 0С і вводять в нього відразу все вапно, необхідне для досягнення оптимального рН). згущеної суспензії соку I сатурації на

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		19

переддефекацію, гарячою основною дефекацією, без дефекації перед сатурацією II.

Перевага типової схеми перед схемою очищення дифузійного соку з гарячою оптимальною переддефекацією полягає в тому, що холодна (тепла) прогресивна переддефекація з протиточним рухом вапна і соку дозволяє повніше осадити речовини колоїдної дисперсності, не розкладаючи їх у лужному середовищі, і отримати щільний коагулят. При поверненні згущеної суспензії соку II сатурації (замість нефільтрованого соку або згущеної суспензії соку I сатурації) у кілька разів зменшується рециркуляція великих мас соку, що позитивно впливає на його термостійкість та якість.

У процесі холодної основної дефекації в соку розчиняється в 3-4 рази більше вапна, ніж при гарячій. Пізніше, коли сік нагрівається, і проводиться гаряча дефекація, більша частина розчиненого вапна в осад не випадає, а осаджується в пересиченому стані, що забезпечує більш глибоке розкладання нецукорів. З цією ж метою призначена і додаткова дефекація перед II сатурацією. Крім розкладання нецукорів, введення вапна перед II сатурацією дає можливість підвищити ефективність адсорбційної очистки соку карбонатом кальцію.

Як екстремальний захід можна використовувати проведення «миттєвої» дефекації, тобто. здійснення дефекосатурації за зниженого значення рН. У цьому випадку, щоб усунути спінювання дифузійного соку в перед сатуратора, його попередньо нагрівають за допомогою ширококанальних пластинчастих теплообмінників до 55-600С, змішують з суспензією соку II або I сатурації до рН 8.5-9.0 і подають в зовнішній збірник рециркулятора контуру.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		20

Таблиця 1.1 Співвідношення розчинення вапна та температури у різних середовищ.

РОЗЧИННІСТЬ СаО, %	ТЕМПЕРАТУРА °С							
	20	30	40	50	60	70	80	90
У ВОДІ	0,124	0,114	0,107	0,097	0,088	0,076	0,068	0,067
У 10% РОЗЧИНІ САХАРОЗИ	1,163	0,925	0,725	0,528	0,376	0,272	0,185	0,110

Для очищення дифузійного соку від домішок найважливіше значення має розчинність вапна. Чим більше вапна розчиняється в соку, тим вище активна лужність і швидше протікають хімічні реакції.

У таблиці 1.1 показана розчинність вапна (у вигляді вапняного молока) у воді та в цукрових розчинах при різних температурах. Вапно у воді розчиняється погано. Підвищення температури негативно впливає її розчинність. Велика розчинність вапна в цукрових розчинах обумовлена утворенням сахарату кальцію (напівсахарату), в якому на один іон двовалентного кальцію припадає два залишки молекул сахарози:

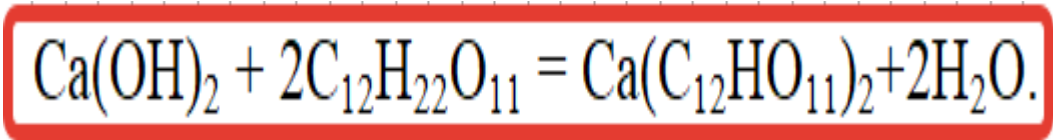


Рисунок 6 – формула утворення напівсахарату кальцію

У створенні сахарату кальцію бере участь лише частина розчиненої сахарози. Якби вся сахароза вступила в цю реакцію, то при її молекулярній масі 342 і еквівалентній масі оксиду кальцію 28 (молекулярна маса СаО, поділена навпіл), наприклад, в 10% розчині сахарози при 80 ° С розчинилося

$$(10 * 28) / 342 = 0,82\% \text{ СаО}.$$

Насправді у умовах розчиняється лише 0,185% СаО).

Реакція утворення сахарату кальцію йде неповно, оскільки є оберненою: сахарат кальцію легко гідролізується (приєднує воду) і знову дає гідроксид

кальцію  $[Ca(OH)_2]$  та сахарозу. Тому в цукровому розчині завжди знаходиться суміш гідроксиду кальцію, сахарози, сахарату та води. Кількість кожного з них залежить від співвідношення мас і температури, що діють. З підвищенням температури гідроліз сахарату кальцію збільшується, утворюється  $Ca(OH)_2$ , у результаті надлишок його випадає в осад. Аналогічний процес протікає при зменшенні концентрації сахарози в розчині.

Зазвичай у насичених вапном розчинах незалежно від вмісту сахарози рН залишається незмінним (12,2-12,3 при  $20^\circ C$ ). Розчинність вапна залежить також від того, в якій формі вона розчиняється: у вигляді оксиду кальцію, гідроксиду кальцію або вапняного молока.

Негашене вапно ( $CaO$ ), що виходить при випаленні вапняку, має губчасту структуру, високодисперсна і тому має більшу розчинність у порівнянні з іншими формами. У вапняному молоці містяться більші частинки, а частинки гідроксиду кальцію займають середнє положення. Отже, зі збільшенням розміру частинок осаду розчинність вапна зменшується.

Максимальна розчинність вапна спостерігається в перші 5-10 хв. змішування її з водою. При більш тривалому перемішуванні суміші відбувається перекристалізація вапна (дрібні кристали розчиняються, а великі ростуть за їх рахунок), частки її устальюється і розчинність падає. Але цей процес відбувається досить повільно.

Якщо розчинити вапно при температурі, наприклад,  $40^\circ C$  і потім нагрівати розчин до  $80^\circ C$ , вапна в ньому буде розчинено більше, ніж при розчиненні її в розчині, попередньо нагрітому до  $80^\circ C$ . Це з тим, що з нагріванні вапняного розчину від  $40$  до  $80^\circ C$ , хоча розчинність вапна і знижується, але надлишок її випадає в осад лише частково, т. е. утворюється пересичений розчин.

Виконання технологічного процесу станції дефекосатурації, можна сформулювати завдання, яке полягає в покращення процесу очищення дифузійного соку за допомогою сіткового графіку, що передбачає послідовне виконання наступних завдань:

- вивчити існуючі схеми очищення дифузійного соку;

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						22
Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

- розглянути існуючу схему очищення дифузійного соку на цукровому заводі;

- Проаналізувати часові рядки

- Проаналізувати досліджуваних величини рН

- Проаналізувати часові рядки за допомогою методом графічного тесту

Гілмора

- Побудова алгоритму процесу дефекосатурації

- Дослідити атрактивну поведінку об'єкта управління при його комп'ютерному моделюванні

- Рекурентний аналіз топології та динаміки станції дефекостаурації як нелінійної динамічної системи

- Відновлення диференціальних рівнянь за часовими рядами роботи відділенням дефекосатурації цукрового заводу

- Побудова ієрархії технологічної системи

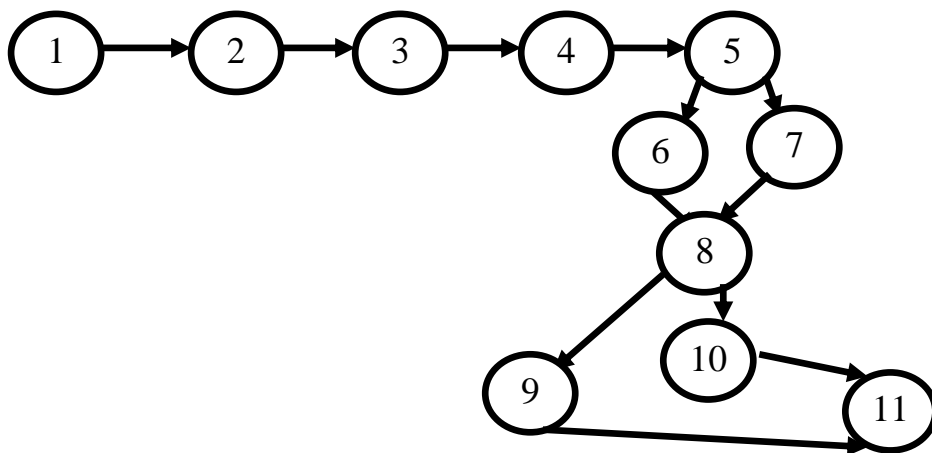


Рисунок 1.6 – Сітковий графік вдосконалення станції дефекосатурації

Таблиця 2 - Параметри технологічного регламенту роботи основних апаратів відділення дефекосатурації

Прогресивна переддефекація (горизонтальний переддефекатор ППД)			
Найменування	Значення		
Витрата вапна, % СаО до маси буряків	0,2-0,3		
рН по зонам	1	7,0-7,2	
	2	7,8-8,0	
	3	8,6-8,8	
	4	9,4-9,6	
	5	10,2-10,4	
	6	11,0-11,2	
Температура процесу переддефекації	Холодна	Тепла	Гаряча
	40-50	50-60	-
Тривалість процесу переддефекації, хв.	20-30	15	-
Кількість повернення, % до маси буряків	Сік 1-ї сатурації	Згущеної суспензії	
		30-100	10-20
Дефекація			
Найменування	Холодна	Гаряча	Перед 2-й сатурацією
Температура процесу	40-50	90	95
Тривалість процесу, хв.	20-30	5; 10	5,0-5,8
Витрата вапна, % СаО до маси буряка.	1.0-1,8	-	0,2-0,5
Лужність соку по фенол фталейну, % Сао.	0,8-1,2	0,8-1,2	0,3-0,5

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Арк.

24

Продовження таблиці 2 - Параметри технологічного регламенту роботи основних апаратів відділення дефекосатурації.

Сатурація		
Найменування	1-а сатурація	2-а сатурація
рН соку	11 ± 0,2	9,6 ± 0,1
Температура процесу	80-85	90
Лужність соку по фенолфталеїну, % Сао.	0,09-0,11	0,015-0,035
Зміст CO <sub>2</sub> в сатураційному газі, не менше, %.	28	28

Вибір найбільш підходящих параметрів процесу визначається якістю буряків, що надходять на переробку. Як правило, коригування технологічного режиму в одному апараті вимагає зміни його в суміжних або всіх апаратах одночасно. Оптимальні значення сировини, що переробляється у відділенні дефекосатурації, подані у таблиці 2.

### 1.2 Аналіз існуючих алгоритмів інтелектуального керування подібними процесами та підсистемами в цілому

Значний внесок у розробку та модернізацію алгоритмічного інтелектуального керування та програмного фундаменту автоматизації цукрового виробництва зробили вчені, як Кишенько В.Д., Ладанюк А.П., Ельперін І.В., Сідлецький В.М., Зігунов О., Заєць Н.А., Востоков А.М., та ін.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змі	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		25



Рисунок 1.7 . Ієрархічна структура технологічного процесу дефекосатурації

Описана трирівнева ієрархічна АСУ ТП сокоочищення, що включає нижній рівень (датчики і виконавчі механізми), середній рівень (контролер, комутаційна апаратура, перетворювачі для двигунів постійного та змінного струму) та верхній рівень (АРМ оператора). Для збільшення надійності системи передбачено управління процесом за допомогою SCADA-системи.

Для автоматичного керування всією системою використовується промисловий контролер з процесором SPEED7 фірми VIPA, що володіє високою продуктивністю та підтримкою відкритих інтерфейсів: Ethernet (одночасно два порти 21 –активний та пасивний) та Profibus-DP master/slave.

Як і в АСУ ТП сокоочищення, система автоматизації відділення дифузії проектувалась як трирівнева ієрархічна система управління. Усі особливості АСУ ТП сокоочищення реалізовані й у АСУ ТП дифузії.

Для автоматичного керування всією системою використовується також промисловий контролер фірми VIPA з процесором SPEED.



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд VIPA

До недоліків АСУ ТП слід зарахувати всі недоліки Ethernet (негарантована доставка деяких інформаційних потоків по магістралі до АРМ та серверу в реальному часі, необхідність встановлення одного або кількох серверів, неминуче зниження швидкості обміну інформацією в у разі будь-якого розширення системи при змінах технологічної схеми або збільшення виробничих потужностей і т.д.).

Під час технологічного процесу дефекосатурації проаналізували, основні технологічні параметри - тиск, температура, витрата, концентрація CO<sub>2</sub>, густина, рівень, напруга живлення 220В/440В змінного струму, та 24В постійного струму не контролюється і не реєструється в в системі керування. Що в свою чергу призводить до не передбачених втрат електроенергії, нестабільну об'ємну продуктивність технологічного процесу, витрату продуктового ресурсу.

Основні функції системи:

- автоматичне управління, витрати дифузійного соку;
- автоматичне управління, густини в секціях апарату Бригель-Мюллера;
- автоматичне управління рівня в холодному дефекаторі;
- автоматичне управління витрати дифузійного соку з холодного дефекатора;

- автоматичне управління вапнякового молока в секції переддефектатора;
- автоматичне управління параметра Ph в апараті першої сатурації;
- автоматичне управління параметра Ph в апараті другої сатурації;
- автоматичне управління параметра Ph в апараті Бригель-Мюллера;
- автоматичне управління параметра тиску в трубопроводі окису вуглецю;
- автоматичне управління параметра температури в теплообміннику;
- автоматичне управління параметра рівня в мішалки;
- автоматичне управління параметра концентрації CO<sub>2</sub> в трубопроводі.

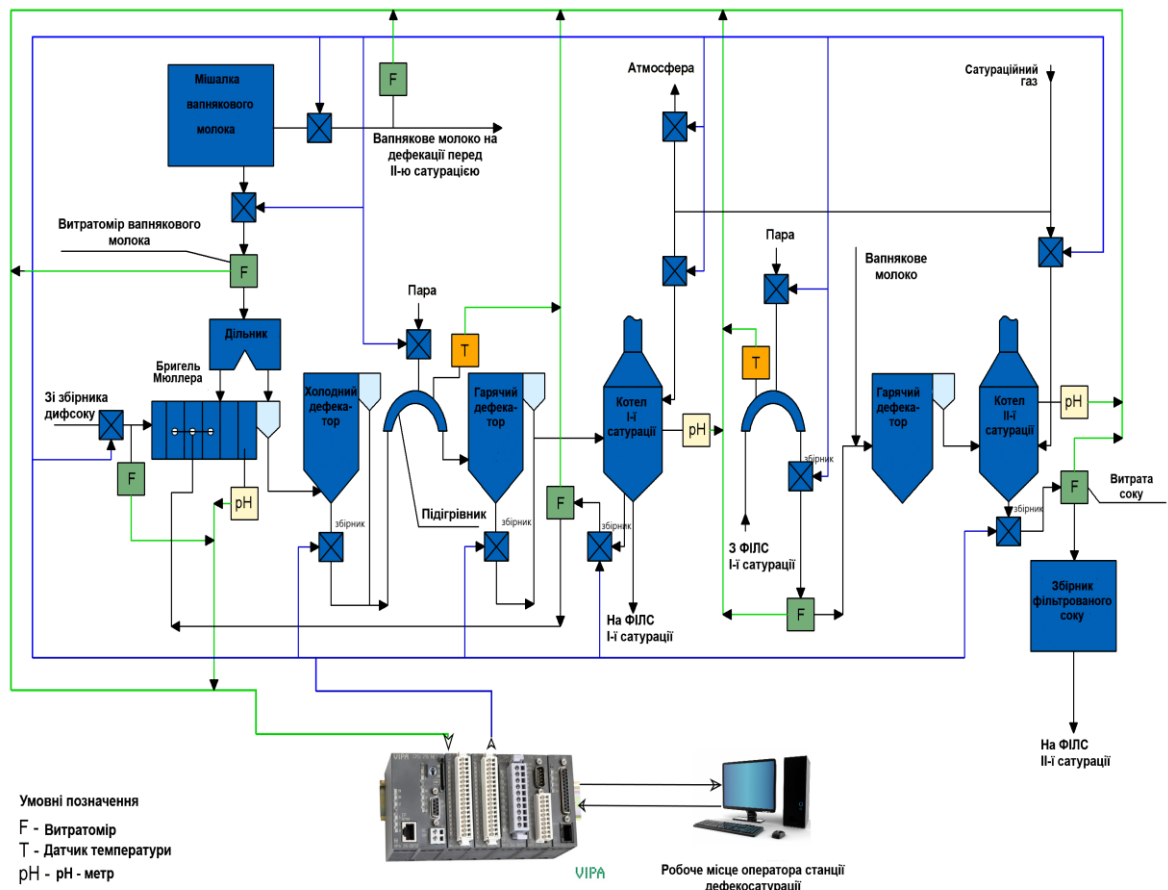


Рисунок 1.9 Типова технологічна схема процесу очистки

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Програмна побудована на електронних обчислювальних машинах, що дозволяють організувати прикладні функції управління і вчасно реагувати на непередбачувані ситуації.

Структура інтелектуальної системи складається із трьох основних блоків: база знань, блок мотивації та обчислювач [1]. При створенні «інтелектуальної будівлі» (інтегрована система управління будівлею)

Основними завданнями є поєднання: комфортності, зручності, експлуатації, безпеку та економічність [2].

Для створення комфортних умов система управління дефекосатурація повинна: володіти знаннями про

Параметри дифузійного соку сприятливих для подальшої дефекації та сатурації.

Основними параметрами, що впливають на процес:

- температура;
- тиск;
- концентрація рН;
- рівень у збірника та апаратах;
- густина дифузійного соку;
- співвідношення вапнякового молока до маси буряків.

Підсистема керування параметрами дефекосатурацією може автоматично вирішувати це завдання, для цього дана підсистема повинна:

- мати знання про комфортні співвідношення витрати та рН.
- вміти обирати сприятливі умови для технологічного апроцесу за заданими критеріям
- коригувати управління за невідповідності технологічних параметрів заданим критеріям.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		29

### 1.3. Інтеграції механізмів інтелектуальної обробки даних складними технологічними комплексами

Прогрес харчової промисловості в особливості цукрової галузі, багатостадійні технології, технологічні системи розроблені та побудовані на основі підсистем, що виконують задані функції та взаємозв'язані друг з другом складними процесами динамічною синхронізацією, а також обміну ресурсів (енергія, інформація та інше).

Завдяки складних нелінійних, вимірних, взаємозв'язаних систем проходять перехідні процеси, з'являються критичні та хаосні режими. Покращення якості управління складними системами використовують різні методи що засновані на ідеології самоорганізації (синергетика)

Синергетика – це міждисциплінарний напрямок наукових досліджень, що вивчає закономірності та принципи, що лежать в основі самоорганізації в системах різної природи: фізичних, хімічних, біологічних, технічних, та інших.

Підкреслимо базові положення синергетичного підходу в теорії управління:

- у синергетичних системах у процесі самоорганізації та утворення диссипативних структур (атракторів) відбувається зменшення числа ступенів свободи шляхом виділення лише кількох координат, до яких підлаштовуються інші.

- наслідком процесу самоорганізації є утворення атракторів інваріантних різноманіття  $\psi_s=0$ , до яких притягуються траєкторії системи. Така поведінка системи дозволяє порушити питання про напрям процесів, про їх цілі.

- кожен атрактор має свою область тяжіння у фазовому просторі і тому можна виділити кордон, який розділяє ці області. Тоді досить мала зміна початкових умов, що знаходяться поблизу зазначеного кордону, може призвести до якісно різної поведінки всієї нелінійної системи. Це означатиме, що, додаючи до системи досить малі впливи, узгоджені з її внутрішніми властивостями,

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						30
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

можна забезпечити якісно нову поведінку нелінійної системи далеко від положення рівноваги.

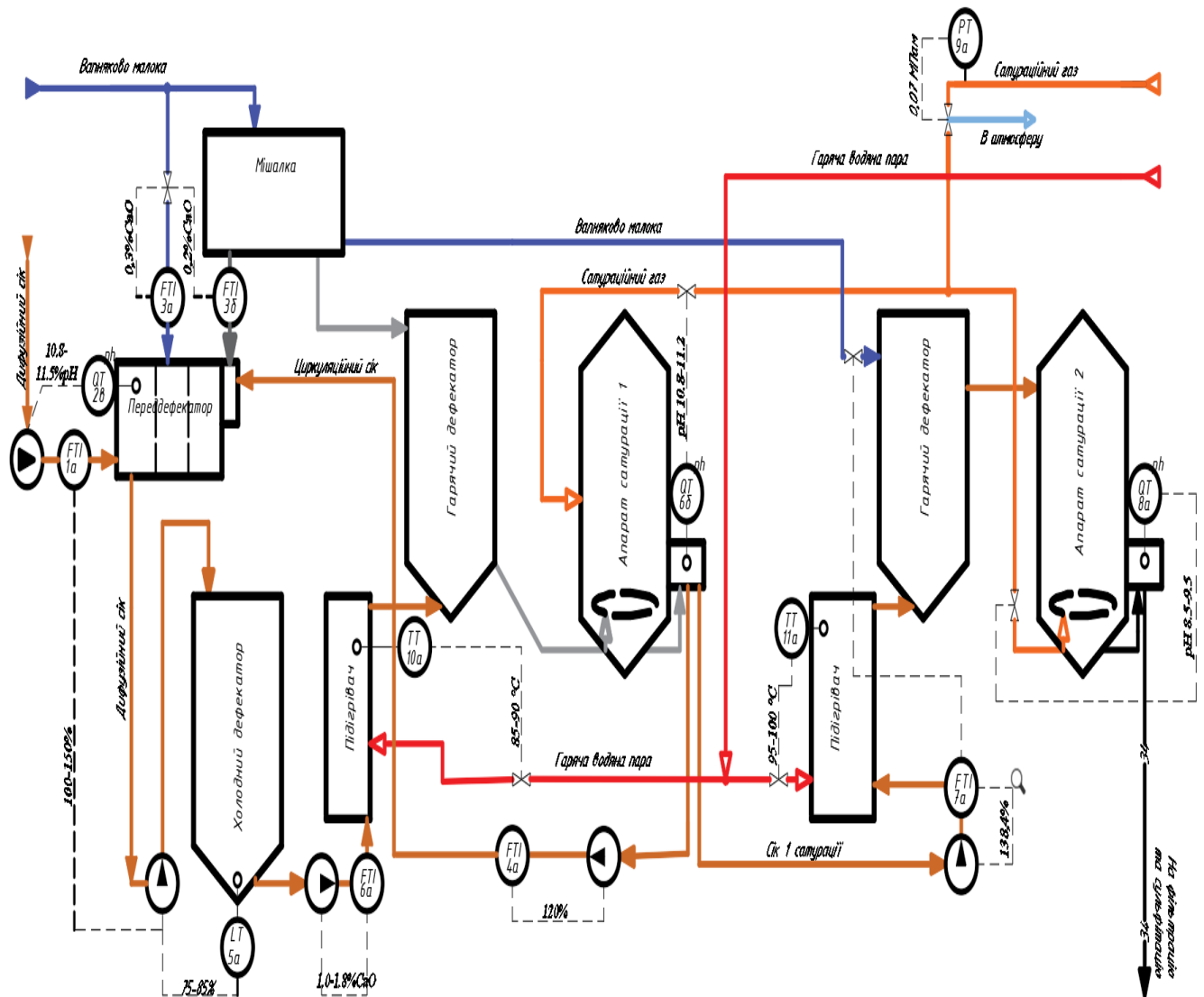


Рисунок 1.10 - Схема автоматизації відділення дефекосатурації цукрового заводу

Впроваджена на заводі автоматизована система управління станції сокоочищення виконує такі завдання:

- стабілізація витрат соку на першу та другу сатурації, залежно від витрати дифузійного соку на виробництво та з урахуванням рівнів у холодному дефекаторі та збірнику фільтрованого соку першої сатурації;
- регулювання співвідношень:

- витрат циркуляційного соку сатурації I до витрати соку на виробництво,
  - загальної витрати вапняного молока до витрати соку на виробництво,
  - витрати вапняного молока на сатурацію II до витрати соку, що сатурується;
  - стабілізація рН соку на кінцевому ступені переддефекації;
  - регулювання подачі газу в сатуратор за розімкнутою схемою у зв'язку з неінформативністю значення рН з урахуванням витрати соку, що сатурується;
  - стабілізація рН соків сатурацій I та II впливом на витрату сатураційного газу;
  - регулювання тисків сатураційного газу в колекторі та перед форсунками на сатурації II;
  - регулювання температур соку перед сатурацією I та II, а також перед фільтрацією соку сатурації I;
  - контролю рівнів у всіх збірниках відділення та буферних збірниках прилеглих ділянок процесу;
  - контролю концентрації вмісту CO<sub>2</sub> в сатураційному газі.
- На кожній станції система автоматизації виконує такі функції:
- прийняття та подальша обробка сигналів від датчиків температури, тиску, рівня, витрати, концентрації, величини рН;
  - реалізація робочих алгоритмів, алгоритмів аварійних ситуацій, подача сигналів, що управляють, на відповідні виконавчі механізми;
  - контроль стану приводів обладнання;
  - необхідні блокування при керуванні обладнанням;
  - передача діагностуючої інформації, сигналів з датчиків та виконавчих механізмів на операторську станцію;
  - оперативний централізований контроль у режимі реального часу та виведення інформації про перебіг технологічного процесу у графічній формі;

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		32

- попереджувальна та аварійна сигналізація про відхилення вимірних або розрахункових значень технологічних параметрів від допустимих меж;
- контроль введення оператором завдань та уставок з метою запобігання можливим помилкам;
- прийом від оператора команд управління виконавчими механізмами у дистанційному режимі роботи зі щита,
- формування та відображення архівної інформації про параметри технологічного процесу, стан технологічного обладнання та сигнали управління;
- архівування значень технологічних параметрів роботи обладнання, ведення протоколу порушень та технологічного журналу роботи системи та дій оператора.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

## Розділ 2 – Загальносистемні рішення

### 2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом)

На цукровому заводі застосовується технологічна схема очищення дифузійного соку з холодною прогресивною переддефекацією комбінованою холодно - гарячою основною дефекацією. Сік, одержуваний в бурякопереробному відділенні на дифузійних установках, звідки насосом без підігріву через витратомір спрямовується в першу секцію горизонтального переддефекатора прогресивної дії. Який являє собою корито, розділене перегородками секції.



Рисунок 2.1 - Горизонтальний секційний переддефекатор РЗ-ППД-3.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		34

На переддефекації коагулюють високомолекулярні сполуки, а також осідають важкорозчинні солі кальцію. В останню секцію переддефекатора вводиться вапняне молоко в кількості, що забезпечує вихід соку з нього з рН 10,8-11,5.

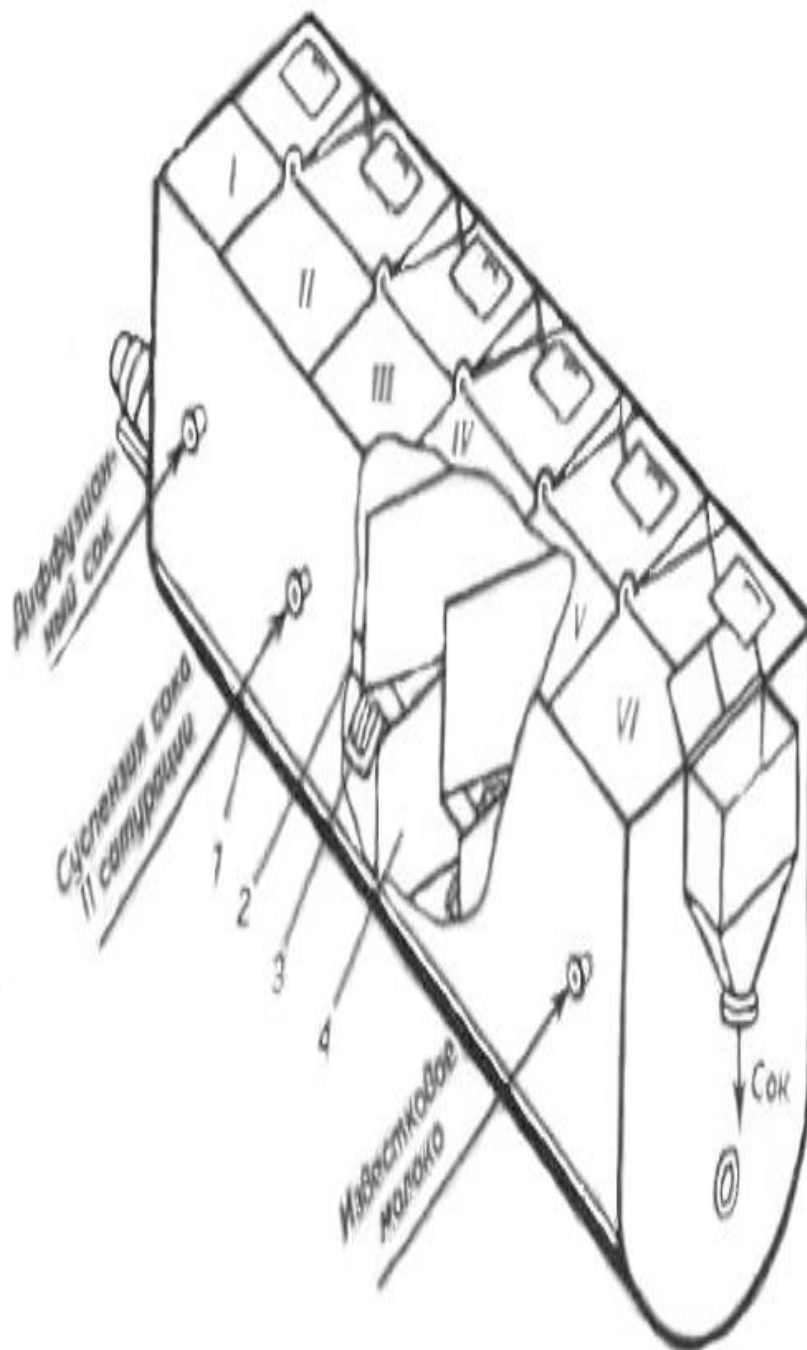


Рисунок 2.2 - Горизонтальний секційний преддефекатор прогресивного дії. Переддефекований сік трохи нагрівається невеликою кількістю повернутої згущеної суспензії і вапняним молоком. Якщо температура цього соку нижче 50 градусів, то переддефекація називається холодною, якщо лежить в інтервалі 50-

60 градусів, то теплою. Тривалість холодної переддефекації 20-30 хвилин, теплої - 15 хвилин.

Дифузійний сік (в кількості 120% до маси буряків) нагрівається в підігрівачах до 85-90 градусів і надходить в апарат холодної дефекації. В апараті попередньої дефекації до соку додається близько 120% нефільтрованого соку першої сатурації, 15% дефекованого соку і осад з патронних фільтрів. На багатьох заводах попередню дефекацію проводять вапняним молоком у кількості 0,2-0,3% СаО до маси буряка. При будь-якому варіанті попередньої дефекації для більш повного осадження не цукрів необхідно досягти оптимальної лужності, яка спостерігається при рН=10.8-11,5. При цьому значенні рН найбільш повно нейтралізуються вільні кислоти, коагулюють колоїдні речовини і переводиться в осад ряд інших не цукрів.

Сік з переддефекатора в кількості 285% до маси буряків без підігріву надходить на першу сходинку основної дефекації (холодний дефекатор) в апарат, де змішується з вапняним молоком густиною 1,19 г/см<sup>3</sup> (1,0-1,8% СаО до маси буряків).

Головною вимогою, що пред'являються до роботи основної дефекації, є підтримка постійної лужності соку, яка не повинна відхилитися більш ніж на 0,1% СаО від обумовленої величини.

Оптимальна тривалість холодної дефекації 30 хвилин, теплої 15 хвилин. Після цього сік нагрівається в підігрівнику до 85-90 градусів і подається в гарячий дефекатор на другу сходинку основної дефекації тривалістю 10 хвилин. У переливну коробку дефекатора додається вапняне молоко (0,5-0,7% СаО до маси буряків), призначений для підвищення фільтраційних властивостей осаду соку 1-ї сатурації. З дефекатора сік надходить в апарат І 1-ї сатурації, де сатурація відбувається протягом 10 хв.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		36

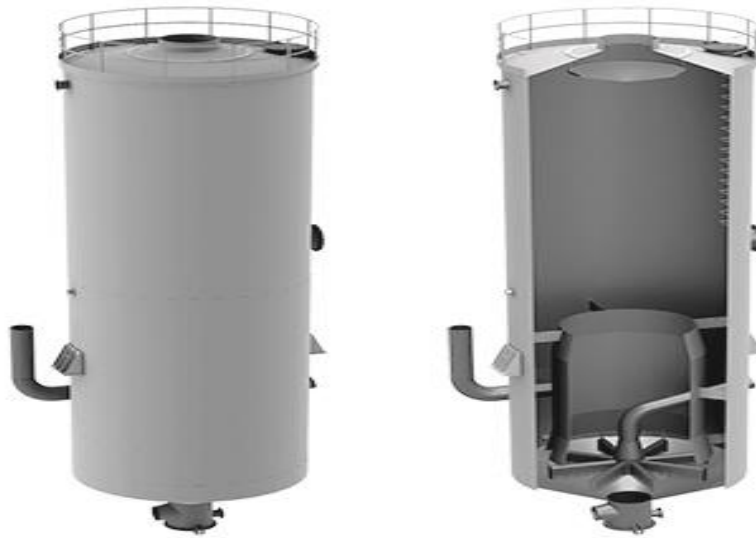


Рисунок 2.3 – Апарат 1-ї сатурації типу 1-С-2.0

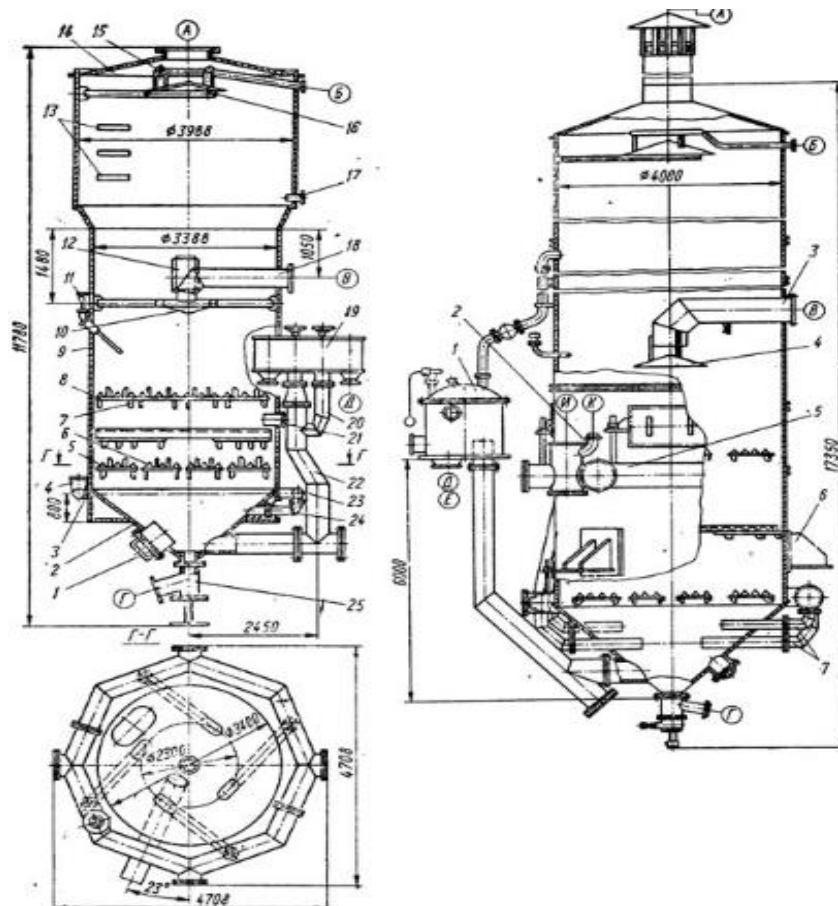


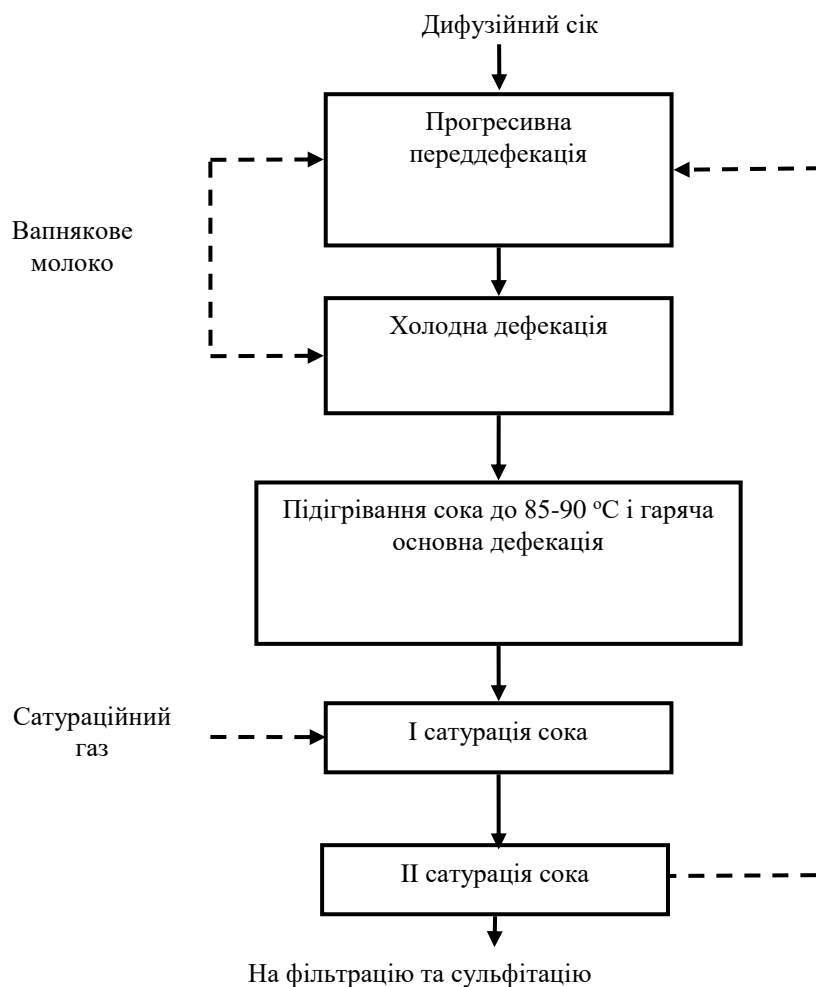
Рисунок 2.4 – Апарат 1-ї сатурації типу 1-С-2.0

Сік 1-ї сатурації фільтрується при робочому тиску близько 0,07 МПа.

Сік 1-ї сатурації, подається насосом в гарячий дефекатор на дефекацію перед другою сатурацією. Процес очищення дифузійного сока з холодної

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

прогресивної переддефекації комбінованої холодно-гарячою основною дефекацією наведено в структурній схемі 1.



Структурна схема 2.1 - Процес очищення дифузійного соку з холодної прогресивної переддефекації комбінованої холодно-гарячої основної дефекації керування першої сатурації.

При аналізі технологічної дільниці станції керування апарату першої сатурації, визначили завдання на розробку системи автоматизації, завдяки сітковому графіку, що передбачає послідовне виконання наступних завдань:

- вивчити існуючі схеми очищення дифузійного соку;
- розглянути існуючу схему очищення дифузійного соку на цукровому заводі;
- вибрати найбільш раціональну схему для побудови автоматизованої системи очищення дифузійного соку стосовно цукрового заводу;

- розробити функціональну схему автоматизованої системи очищення дифузійного соку;

- розробити апаратну частину системи:

- розглянути типи і місця розташування датчиків, виконавчих механізмів та регулюючих органів, які застосовуються в цукровому заводі;

- вибрати типи і місця розташування датчиків, виконавчих механізмів та регулюючих органів.

- розробити програмну частину системи:

- вибрати засіб написання програми для вибраного контролера.

- написати програму для вибраного контролера;

- провести пробний запуск апарату.

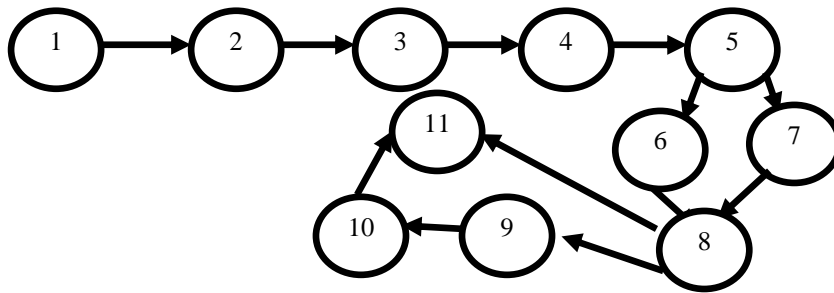


Рисунок 2.5 – Сітковий графік розробки станції дефекосатурації першої сатурації цукрового заводу

#### Параметри технологічного обладнання

Всі параметри основного обладнання ділянки очищення дифузійного соку, що застосовується на цукровому заводі наведені у таблицях:

Таблиця 2.1- Горизонтальний секційний переддефекатор РЗ-ППД-5

Продуктивність при холодному способі переддефекації, т/добу:	5000
Розрахункова температура соку, градусів:	80
Робоча ємність, кубометрів:	80
Повна ємність, кубометрів:	96
Частота обертання мішалки, 1/с:	0,246
Редуктор:	
Тип	Ц2у-200-20-12-у3

Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Двигун:	
Тип:	4A132 M4Y3
Потужність, кВт:	11
Частота обертання, 1/с:	24,3
Розміри преддефекатора, мм:	
Довжина:	12845
Ширина:	3400
Висота:	4760
Повна маса (з редуктором), кг:	24820

Таблиця 2.2- Апарат основної дефекації типу ОД-5,0

Продуктивність, т/добу:	5000
Робоча ємність, кубометрів:	19,5
Повна ємність, кубометрів:	27,3
Частота обертання мішалки, 1/з:	0,99
Редуктор:	
Тип:	МП-2-15ВК- 10.59,5
Двигун:	
Тип:	АО-52-4
Потужність, кВт:	10
Габаритні розміри апарату, мм:	
Довжина:	3090
Ширина:	3070
Висота:	7250
Діаметр корпусу, мм:	2800
Повна маса (з редуктором), кг:	4040

Таблиця 2.3- Апарат першої сатурації типу 1С-5,0

Продуктивність по буряку, т/добу:	5000
Коефіцієнт утилізації вуглекислого газу:	0,6
Температура соку всередині апарату, градусів:	85
Робоча ємність, кубометрів:	21
Повна ємність, кубометрів:	64
Габаритні розміри апарату, мм:	
Довжина:	4815
Ширина:	3925
Висота:	11640
Діаметр в нижній частині корпусу, мм:	2800
Діаметр у верхній частині корпусу, мм:	8660

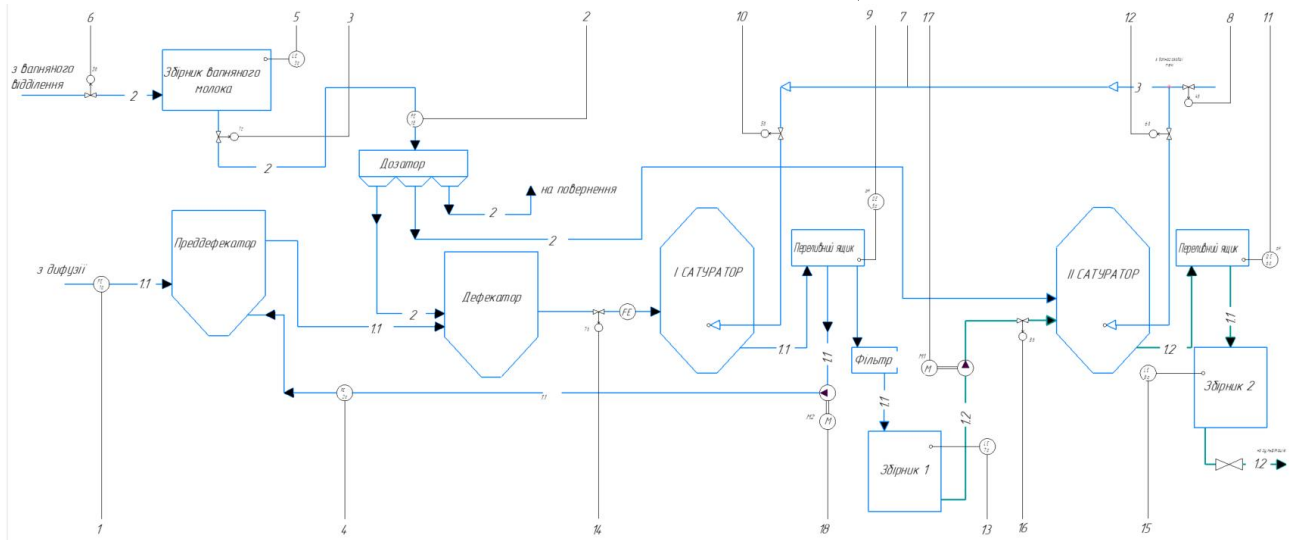
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Арк.

40

## Схема автоматизації



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Прилади вимірюв.	FT 1a	FT 1b	FT 2a	LT 3a	PT 4a	QT 5a	QT 6a	LT 7a	LT 8a	NS KM1 H SB1		NS KM2 H SB2							
Дат. перетворення		E/P FY 1b		E/P LY 3b	E/P PY 4b	E/P QY 5b	E/P QY 6b	E/P LY 7b	E/P LY 8b										
МЖ ТСУ Мжо	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ПСОВ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Позначення	Найменування
— 11 —	Дифузійний сік
— 12 —	Очищений сік
— 2 —	Вапняне молоко
— 3 —	Сатураційний газ

Рисунок 2.6 – Схема автоматизації відділення дефекосатурації

Для очистки дифузійного соку від органічних домішок на цукрових заводах застосовується процес декосатурації. Він складається із ряду послідовно

виконуваних операцій: попередня дефекація, основна дефекація, I сатурація, II сатурація. Дифузійний сік піддається дії реагентів, які визивають випад в осад колоїдних домішок в такому вигляді, який допускає ефективне відділення осаду від цукрового розчину.

За схемою очистки дифузійного соку з холодною прогресивною преддефекацією і комбінованою холодною-гарячою дефекацією дифузійний сік без підігріву подається в першу секцію преддефекатора прогресивної дії. Востанню секцію вводиться вапнякове молоко в кількості, яка забезпечує вихід соку із нього з рН 10,8-11,5. На ділянці попередньої дефекації, де рН досягає 8,5-9,5 вводиться сік I сатурації із фільтрів- згущувачів. Кількість введеною суспензії залежить від складу макромолекул і рідин в колоїдному стані в дифузійному соці.

Преддефегований сік небагато підігривається невеликою кількістю поверненої суспензії і вапняковим молоком. Якщо температура цього соку нижче 50 °С, то преддефекація називається холодною, а якщо лежить в інтервалі 50-60 °С теплою. Тривалість холодної преддефекації 20-30 хв, а теплою-15 хв.

Із преддефекатора сік без підігріву поступає на першу ступінь основної дефекації, де змішується з вапняковим молоком (1,0-1,8 % СаО до маси буряку). Оптимальна тривалість холодної дефекації 30 хв., теплої 15 хв. Після цього сік підігривається в підігривачі до температури 85-90 °С і подається на другу ступінь основної дефекації тривалістю 10 хв. В переливну коробку дефекатора добавляється вапнякове молоко (0,5-0,7 % СаО до маси буряку), призначене для підвищення фільтраційних властивостей осаду I сатурації. Із дефекатора сік надходить в рециркуляційний збірник, де змішується з 5-7-разовою кількістю рециркулюючого соку I сатурації, який підлягає I сатурації тривалістю 10 хв. Самопливом виливається в збірник і подається в напірний збірник, який розташований перед листовими фільтрами.

Вхід нефільтрованого соку в збірник повинен завжди бути вільним, щоб не порушувати режим роботи I сатурації. Ємність збірника повинна бути рівна повній ємності одного фільтру.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						42
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Фільтрований сік I сатурації нагрітий до 90-95 °С, подається насосом в дефекатор на дефекацію перед II сатурацією. В трубопровід насосу вводиться вапнякове молоко (0,2-0,4 СаО % до маси буряку) . Тривалість дефекації -5хв. Із дефекатора сік самовиливом поступає на II сатурацію, оброблюється сатураційним газом 10 хв. до оптимальної лужності 0,02-0,03 % СаО (рН 9,2-9,7) і насосом перекачується.

Основний контур керування, реєстрації і регулювання:

- контур регулювання величини Ph в апараті першої сатурації;

Таблиця 2.4. Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	Апарат першої сатурації типу	рН	10.8-11.2	Конт-Роль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на виконавчий механізм

Контроль заданого значення рН соку в апараті першої сатурації здійснюється одноконтурною системою регулювання рН соку. Для вимірювання використовується електрохімічний датчик рН EasyFerm Plus ARC з вбудованим перетворювачем (7а). Від них уніфіковані сигнали з технологічного об'єкта поступають до модуля аналогових входів SM 231-1BD40 VIPA System 200V. Також вся інформація про рН надходить до ПК, де відображається, реєструється та контролюється. В апараті першої сатурації рН регулюється електропневматичним позиціонером з модуля аналогових виходів SM 232 VIPA System 200V до позиціонера 3730-3 (7б) пневматичний сигнал з якого поступає

на виконавчий механізм Samson 3277 (7Г) для регулювання запірно-регулюючого клапана.

Також вся інформація про управління надходить до ПК. Для подачі напруги 24 В до датчика використовується вимикач та блок живлення 8-ми каналний МІКРОЛ.

Головною вимогою, що пред'являються до роботи основної дефекації, є підтримка постійної лужності соку, яка не повинна відхилитися більш ніж на 0,1% CaO від обумовленої величини.

### Апаратурно-технологічна схема виробничої лінії

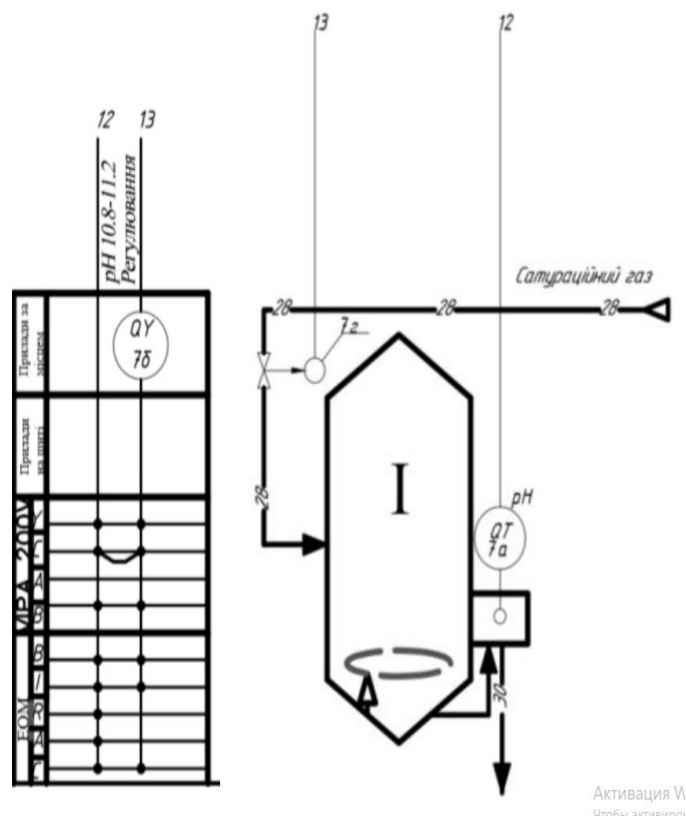
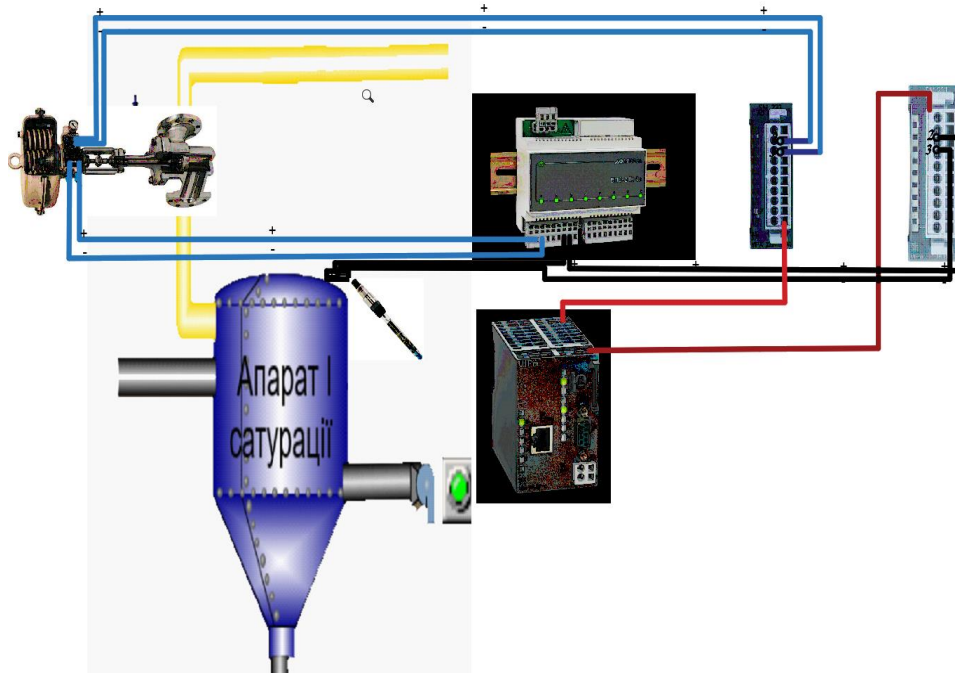


Рисунок 2.7 - Функціональна схема автоматизації процесу керування апарату першої сатурації

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		44



Рисунко 2.8 -Апаратурно-технологічна схема (графічна) виробничої лінії

Таблиця 2.5 Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть
1	2	3	4	5	6
1	7а	по місцю	Перетворювач величини рН. Діапазон вимірювання 0-14 Температура +130°C Уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, напруга живлення постійна 7-30 В	EasyFerm Plus ARC	1
2	7б	по місцю	Електропневматичний позиціонер. Перетворює електричний уніфікований сигнал в пневматичний уніфікований.	Samson 3730-3	1

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Арк.

45

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть
1	2	3	4	5	6
			Забезпечує регулювання виконавчого механізму, видає положення ВМ. 3 4-20мА в 20-100 кПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC. Samson		
3	7в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа	Samson 3277	1

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		46

## 2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються

Враховуючи, що розробляється ІСК є надбудовою до типової АСУ ТП або АСУ виробництва за принципом «не руйнування нижнього рівня» відповідно до IPDI, перелік функцій та задач ІСК виконується для автоматизованої та інтелектуальної складової.

Функції ІСК розробляються на основі цілі створення системи шляхом декомпозиції.

Цілями створення ІСКуПС є: простота обладнання в експлуатації, що, призвела до збільшення виходу продукції (сировини) для подальшої обробки на апараті другої сатурації; запобігання аварійним ситуаціям; централізоване управління найбільш важливих технологічних параметрів технологічного процесу: аналіз роботи системи в режимі реального часу та історії і архівування процесу, моделювання математичних моделей технологічного процесу; зменшення впливу людського фактору на процеси виробництва; стабілізація параметрів виробничого процесу; що підтримують на заданому рівні рН відповідно до ДСТУ, облік кількості переробленої сировини; спрощення та покращення умов праці виробничого персоналу; підтримка рентабельності виробництва соку першої сатурації, підвищення надійності роботи обладнання (насоси, двигуни, апарат першої сатурації, робочі органи), а також захист в аварійних ситуаціях; недопускання втрати сировини та зменшення забракованої продукції.

Функції/задачі ІСК з підсистемою машинного зору:

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						47
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6: функції/задачі ІСК з підсистемою машинного зору

№	Назва функції/задачі (комплексу)	підсистема або ТЗА системи, де виконується функція/задача
1	Візуалізація сатурації .	ПК ІСКуПС (Мнемосхема, SCADA)
2	Централізоване ведення архіву основної технологічної інформації	Сервер
3	Відбраковка продукції:	
	3.1.Розпізнавання параметрів	ПК ІСКуПС
4	Диспетчерський контролю та управління основними технологічними параметрами виробництва	ПК ЦМП – контроль та управління ПК головного технолога / тільки контроль аналогічно ПК ЦМП

Функції АСУ ТП та ІСК. Загальний перелік функцій приводиться в таблиці умовних позначень відповідно до схеми автоматизації відділення.

Функції АСУ виробництва та ІСК. Для даного рівня наводяться тільки ті функції, які стосуються рівня АСУ виробництвом з деталізацією інформаційної та інтелектуальної взаємодії і не наводяться функції та змінні АСУ ТП.

Таблиця 2.7 Перелік функцій та задач АСУ виробництва та ІСК

№ по р.	Найменування змінної	джерело	ІСК			Примітка
			У	І	С	
1	Ф соку на виробництво	Сатурацій не відділенн я	Фі л(І N)		Нечітки й алгорит м	
2	Задане значення рег. рН соку на виробництво	Сатурацій не відділенн я	OU T			
	Задане значення контроль. температури соку на виробництво	Сатурацій не відділенн я	Фі л(І N)			

### 2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram)

Системна інженерія та індустрія програмного забезпечення використовують вимоги для формалізації потреб зацікавлених сторін, які будуть реалізовуватися як функціональні можливості та обмеження, що задовольняються поставленою системою. SysML визначає візуальне та графічне зображення текстових вимог, спеціалізованих асоціацій між собою або з іншими елементами моделі та способом управління ними в структурованому та ієрархічному середовищі.

SysML визначає нові типи асоціацій (стереотипні залежності):

- Derive (успадковування): одна або декілька вимог, що впливають із вимоги;
- Satisfy (забезпечують, задовольняють): один або кількат модельних елементів виконують вимогу;
- Verify (перевірка): один або кілька модельних елементів, наприклад тестова система, перевіряє виконання вимог;
- Refine (уточнення): один або кілька модельних елементів, наприклад use case, додатково уточнює вимогу;
- Copy (перенесення): один або кілька модельних елементів системи переноситься на інший елемент;
- Trace (прослідковування): один або кілька модельних елементів системи відсліджуються на інші елементи. SysML визначає нові типи коментарів, вводячи стереотипи, дозволяючи зв'язувати пояснення з асоціаціями або елементами моделі:
  - Problem (проблема): коментар, опис якого визначає виявлену проблему або потребу, після недоліку, обмеження або відмови одного або декількох елементів моделі;
  - Rationale (обґрунтування): коментар який описує причину чи обґрунтування рішення, пов'язаного з асоціацією чи елементом.

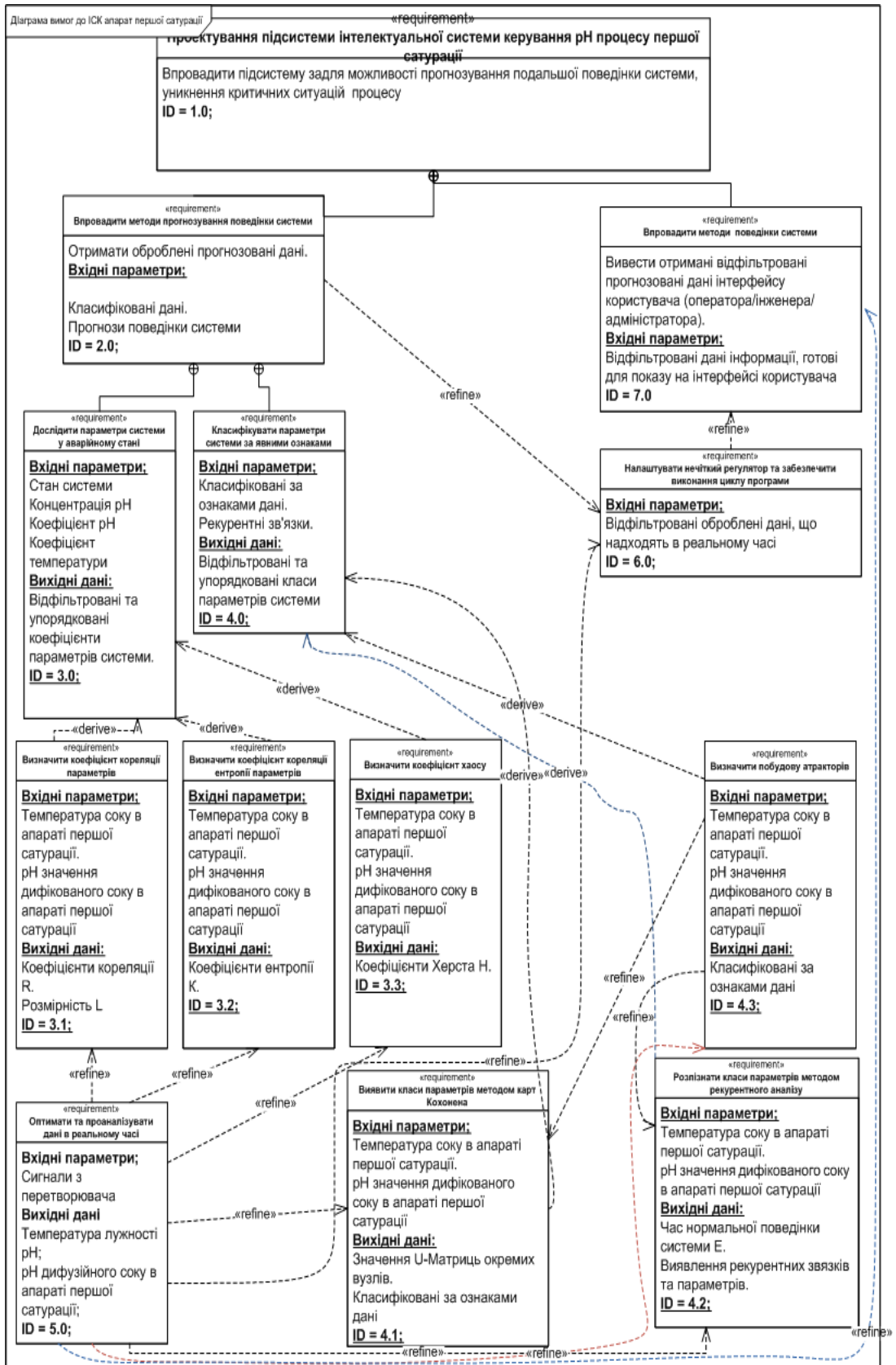


Рисунок 2.9. Requirement Diagram (Діаграма вимог)

## 2.4. Визначення функцій користувачів (Use Case diagram)

Жодна грамотно побудована система не існує в ізоляції: вона взаємодіє з дійовими особами (людьми або системами), які використовують її для досягнення певної мети, чекаючи від неї певної поведінки. Діаграма варіантів використання специфікує очікувану поведінку суб'єкта (системи або її частини), – вона описує послідовності дій, включаючи їх варіанти, які суб'єкт здійснює для досягнення дійовою особою певного результату.

Варіанти використання застосовуються для вираження необхідного поведіння системи без опису реалізації її поведінки. Вони дозволяють розробникам, кінцевим користувачам і експертам в предметній області досягти взаєморозуміння, а крім того, допомагають упевнитися в правильності архітектурних рішень і перевіряти систему по ходу її розробки. Крім того, так як ця діаграма аналогічна UML, тому вона застосовується для того, щоб візуалізувати створену систему, підсистему, щоб користувач міг зрозуміти, як застосовувати цей елемент, а розробник – як реалізувати його.

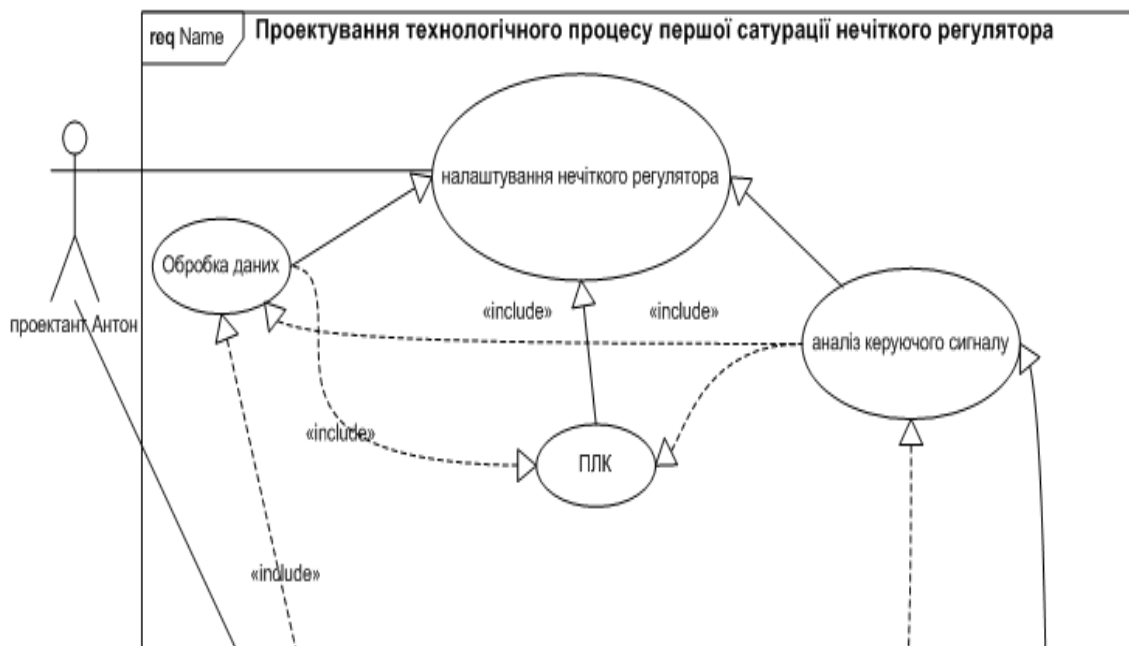


Рисунок 2.10 Діаграма функцій користувачів підсистеми моніторингу та прогнозування процесів апарату першої сатурації.

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

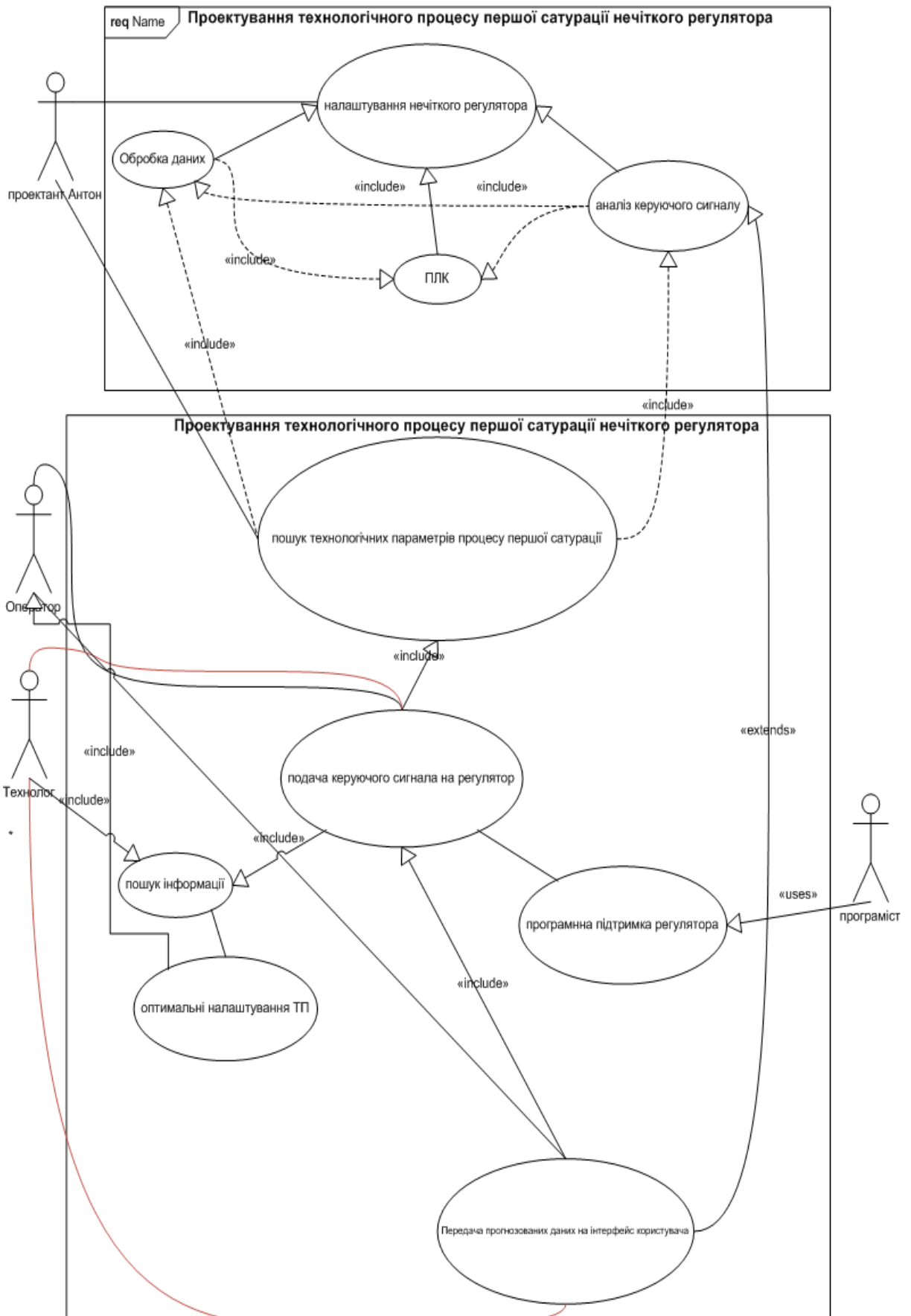


Рисунок 2.11 Use Case diagram

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## 2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи

BDD (Block Definition Diagram) – діаграма визначення блоків надає блокове подання системи, тобто основного блоку, поряд з ієрархією його складових блоків. BDD може включати блоки будь-якого типу, включаючи програмне забезпечення, обладнання тощо.

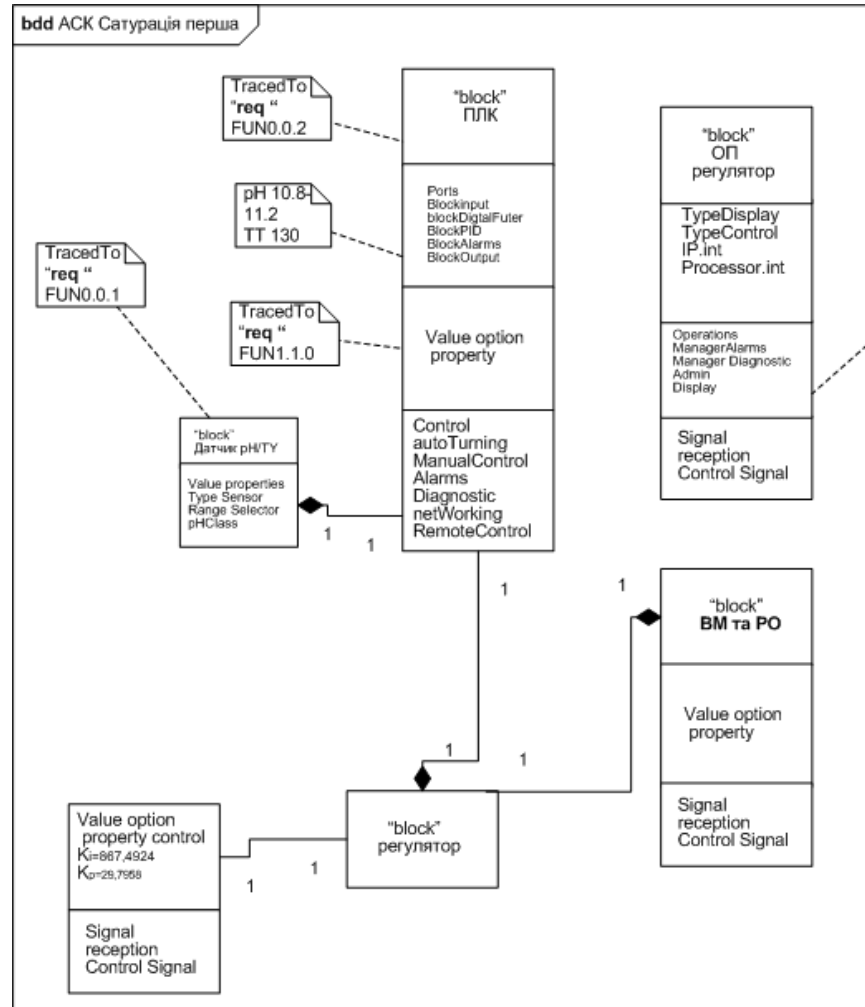


Рисунок 2.12 Block Definition Diagram проектування ІСК

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## 2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК

### 2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, Activity diagram)

Моделювання поведінки системи окреслює входи, виходи, послідовності та умови для координації підсистем. Діаграма забезпечує гнучкі посилання на блоки, що володіють такою поведінкою.

Діаграма машинного (планувального) стану State Machine (State chart) diagram використовуються як у UML2, тобто вони дають спосіб визначити життєвий цикл блоків BDD, якому повинні відповідати всі екземпляри. Життєвий цикл визначає всі можливі стани для блоку, події та умови, що визначають переходи стану.

Тільки складні блоки або важливі з точки зору системи, які крім того залежать від багатьох станів, повинні мати State Machine diagram. Усі визначення цієї діаграми, що використовуються в UML, також застосовуються до SysML: події, засоби захисту / умови, ефекти, переходи, складені стани, області тощо.

Діаграма діяльності Activity diagram описує потоки управління системою управління апарату першої сатурації цукрового заводу, введення та виведення серед дій, з яких формується система виробництва. Вона представляє системний бізнес та операційні робочі потоки цеха. Вона фіксує дії та відображає їх результати.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

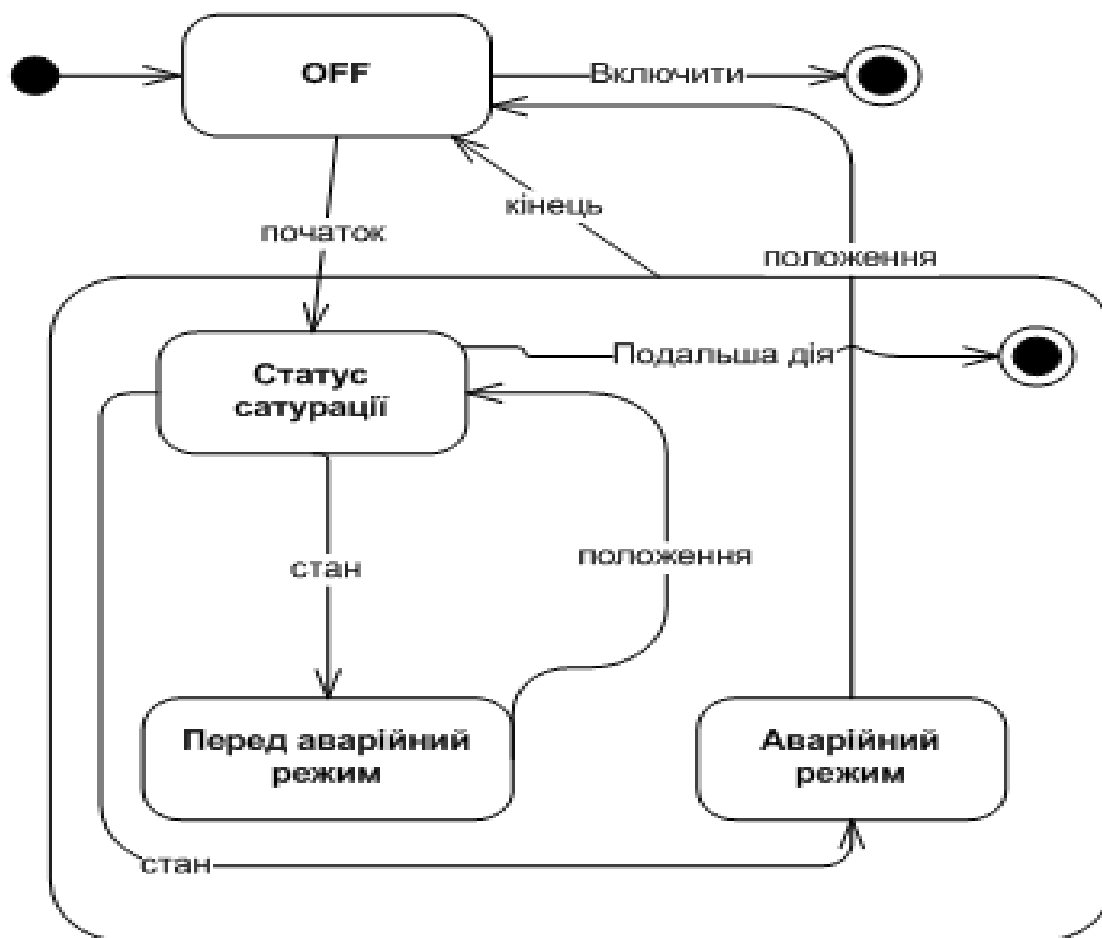


Рисунок 2.13 State Machine diagram загальний план дії ІСК

Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

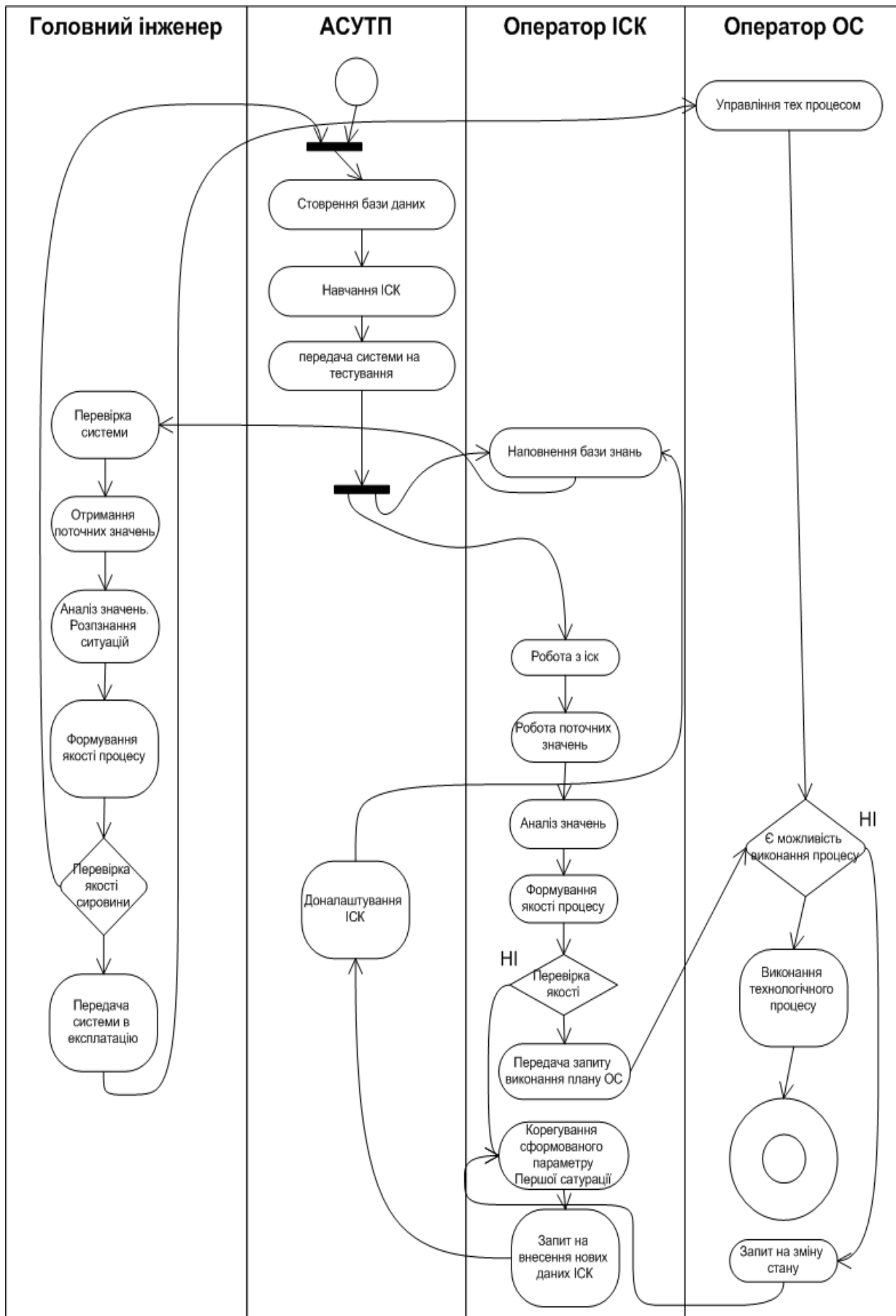


Рисунок 2.14 Activity diagram проектування ІСК

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## 2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації підсистем (Sequence diagram)

Діаграма послідовності показує інформацію про взаємодію блоків на часовій послідовності. Діаграма має два виміри: вертикальну вісь, що представляє час і горизонтальну вісь, що представляє об'єкти-учасники. Вісь часу може бути фактичною опорною точкою, розміщуючи позначки часу як текстові поля. Горизонтальне впорядкування об'єктів не є важливим для операції, і ви можете їх переставити за необхідності.

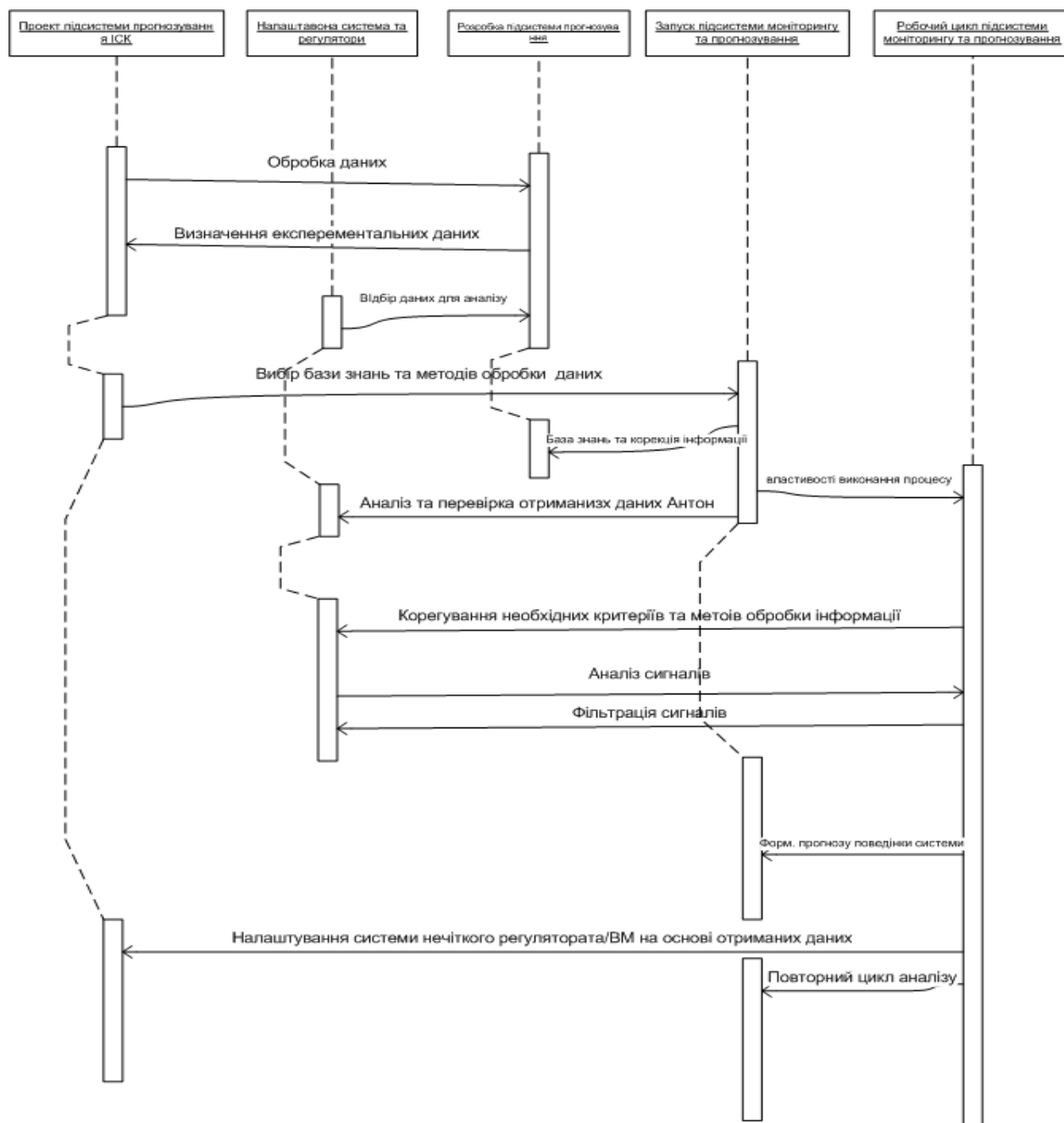


Рисунок 2.15 - Sequence diagram проектування ІСК

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

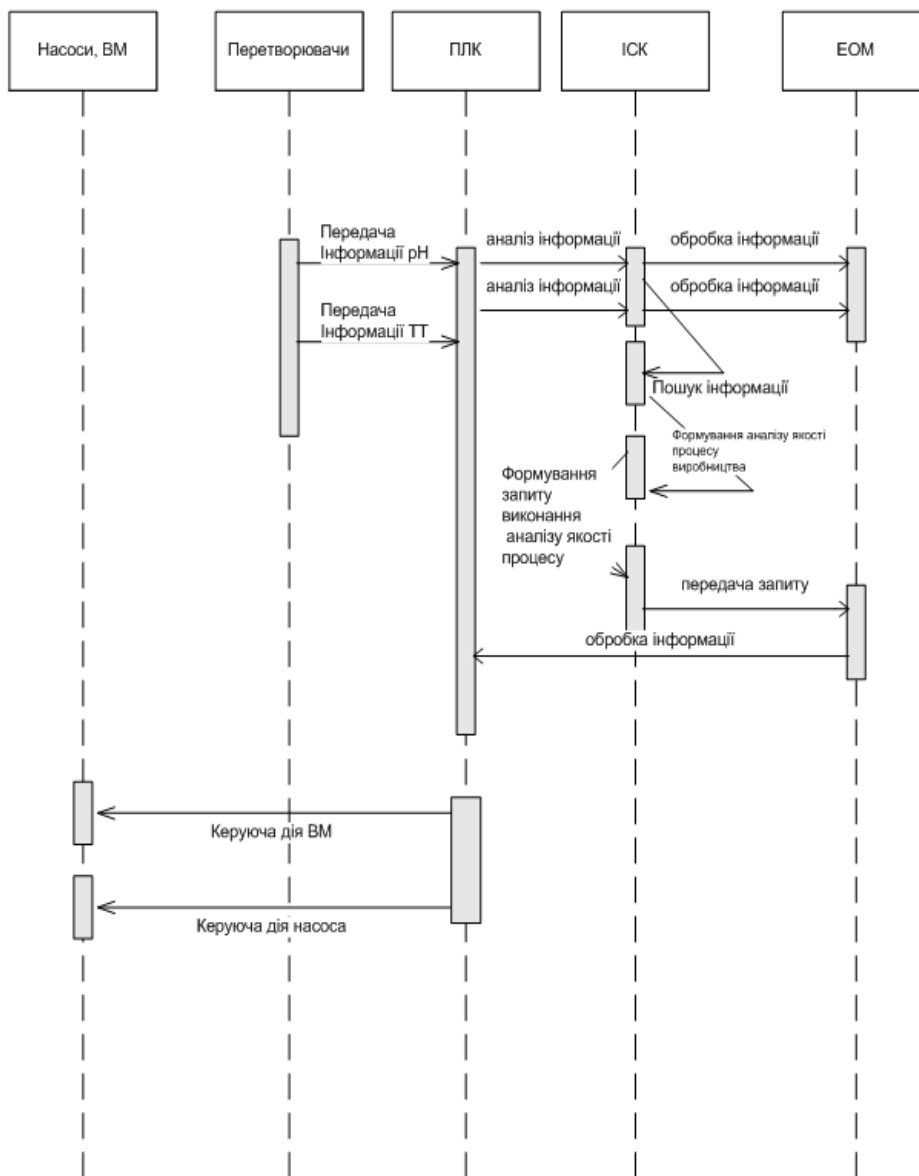


Рисунок 2.16 - Sequence diagram робота ІСК

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## **2.7 АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВІДДІЛЕННЯМ ДЕФЕКСАТУРАЦІЇ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ**

### **2.7.1 Системний аналіз процесу очистки дифузійного соку**

Сучасний цукробуряковий завод - це велике, добре оснащене потужним технологічним обладнанням, підприємство, що працює цілодобово в основному за безперервною технологічною схемою. Технологічний комплекс (ТК) сокоочистки цукрового заводу складається з процесів фізико-хімічної обробки дифузійного соку активними речовинами, фізичної очистки сумішей. Для одержання значного ефекту очищення необхідно підтримувати технологічні параметри процесу в регламентних режимах.

Виділені характерні особливості процесів очистки дифузійного соку як складного об'єкта управління: нелінійність, багатофакторність, високий рівень шумів та перешкод, нестационарність, невизначеність в оцінці якісних показників та ситуаційної поведінки, охарактеризовані технологічні змінні і проведена їх класифікація. З позицій категорійно-функторного аналізу проведена оцінка категорії якості дифузійного соку, виявлені зв'язки між різними показниками якості завдяки функторним перетворенням на основі їх структури та параметрів.

Розглянуті системи управління технологічними комплексами, які існують в даний момент на світовому ринку та системи, які застосовуються в цукровій промисловості України. Аналіз показує, що найбільше застосування одержали одноконтурні стабілізуючі системи автоматичного регулювання параметрів, що складають до 70 - 80% від загальної кількості систем.

З метою реалізації ресурсоощадного управління цукровим виробництвом, зокрема станцією сокоочистки, запропоновано використання методології синергетичного керування технологічним комплексом, яка значно ефективніша в умовах невизначеності поведінки ТК в порівнянні з традиційними методами управління. Зазначено резерви підвищення ефективності управління ТК, які

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						59
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

реалізуються на використанні математичного та алгоритмічного забезпечення АСУ ТП, орієнтованого на вирішення поставлених задач.

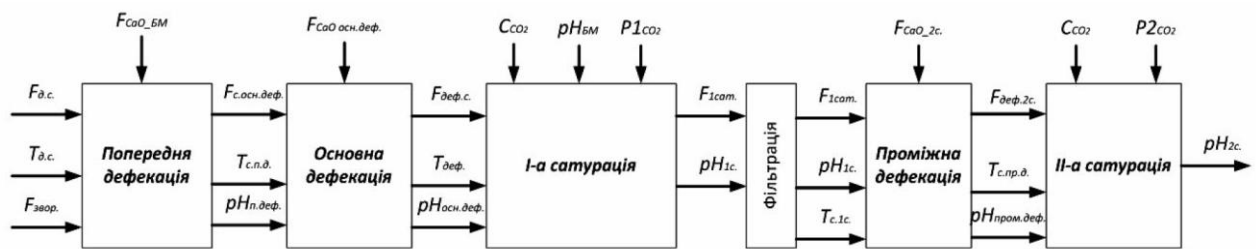


Рис. 2.17. Параметрична схема технологічного комплексу очистки дифузійного соку цукрового заводу

$F_{CaO\_БМ}$  - витрата вапняного молока на попередню дефекацію, м<sup>3</sup>/год;  $F_{д.с.}$  – витрата дифузійного соку на попередню дефекацію, м<sup>3</sup>/год;  $F_{звор.}$  - витрата “повернення” на попередню дефекацію, м<sup>3</sup>/год;  $F_{с.осн.деф.}$  - витрата соку попередньої дефекації на основну дефекацію, м<sup>3</sup>/год;  $F_{деф.с.}$  - витрата соку основної дефекації на I сатурацію, м<sup>3</sup>/год;  $F_{CaO\_2с.}$  - витрата вапняного молока на проміжну дефекацію перед II сатурацією, м<sup>3</sup>/год;  $F_{1сат.}$  - витрата соку I сатурації, м<sup>3</sup>/год;  $F_{деф.2с.}$  - витрата соку проміжної дефекації на II сатурацію, м<sup>3</sup>/год;  $T_{д.с.}$  – температура дифузійного соку, оС;  $T_{с.п.д.}$  - температура соку попередньої дефекації, оС;  $T_{деф.с.}$  – температура соку основної дефекації, оС;  $T_{с.1с.}$  - температура соку I сатурації, оС;  $T_{с.пр.д.}$  - температура соку проміжної дефекації, оС;  $P1CO_2$  - тиск сатураційного газу на I сатурації, кПа;  $P2CO_2$  – тиск сатураційного газу на II сатурації, кПа;  $CO_2 C$  - газовміст сатураційного газу, %;  $pH_{п.деф.}$  – рН на попередній дефекації, од.рН;  $pH_{осн.деф.}$  - рН на основній дефекації, од.рН;  $pH_{пром.деф.}$  - рН на проміжній дефекації, од.рН;  $pH_{1с.}$  - рН на I сатурації, од.рН;  $pH_{2с.}$  - рН на II сатурації, од.рН.

В результаті проведеного аналізу технологічного комплексу сокоочистки та його рівня автоматизації, з урахуванням синергетичної теорії управління була сформована задача досліджень: створення системи автоматизації відділення сокоочистки, що забезпечує підтримання технологічних параметрів в

регламентних режимах за рахунок акумулювання досвіду операторів- технологів (експертів з даної предметної області); розробка синергетичних алгоритмів управління ТК в умовах невизначеності з метою реалізації ресурсоощадного виробництва.

### 2.7.2 Аналіз задач керування відділенням сокоочистки в умовах детермінованого хаосу

На основі всебічного аналізу задач керування відділенням сокоочистки в умовах детермінованого хаосу проведено дослідження часових рядів; відновлені атрактори динамічних систем; розраховані показники кореляційної розмірності та показник Херста; виявлено інтервальні та точкові джокери в динамічній нелінійній системі. Для динамічного аналізу даних використовувалися наступні програмні продукти: програма Datarlore компанії DATAN, набір модульних програм TISEAN, створених в Інституті фізики і теоретичної хімії університету міста Франкфурта, Райнером Хеггером (Rainer Hegger), Ольгером Канцом (Holger Kantz) і Томасом Шрайбером (Thomas Schreiber), а також програма Fractan, розроблена в Інституті математичних проблем біології РАН В. Сичовим. Для фрактального аналізу в роботі використовувався набір розширень (toolbox) FracLab програми MATLAB®, створений у французькій лабораторії Fractals team. Для досліджень та аналізу даних, розробки технічних рішень по управлінню використали методики та програмні розробки НУХТ (авт. Кишенько В.Д., Смітюх Я.В., Шаруда С.С., Зігунов О.М. і автора).

Детерміновані динамічні системи описують еволюцію системи із часом у деякому фазовому просторі

$$\Gamma \subset R^d \quad (1)$$

Ці системи можуть бути породжені, наприклад, звичайними диференціальними рівняннями

$$\dot{x} = F(x(t)) \quad (2) \quad a$$

бо, якщо час дискретний  $t = n\Delta t$ , виразом вигляду

$$x_{n+1} = f(x_n) \quad (3)$$

Часові ряди потім можна розглядати як послідовність спостережень  $\{S_n=S(x_n)\}$ ,

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						61
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

за якими можна за теоремою Такенса здійснити реконструкцію атракторів, тобто оцінити в загальному поведінку всієї системи за часовою реалізацією одного параметра. Аналіз нелінійної поведінки об'єкта, з явними ознаками хаотичності, здійснювався за оцінкою показника Херста (рис. 2.18) та фрактальної розмірності (рис.2.19, 2.20) (аналізувались часові ряди технологічних змінних на різних інтервалах функціонування об'єкта управління, загалом аналізувалось 8 параметрів: як приклад, наведені результати по рН перед II-ю сатурацією).

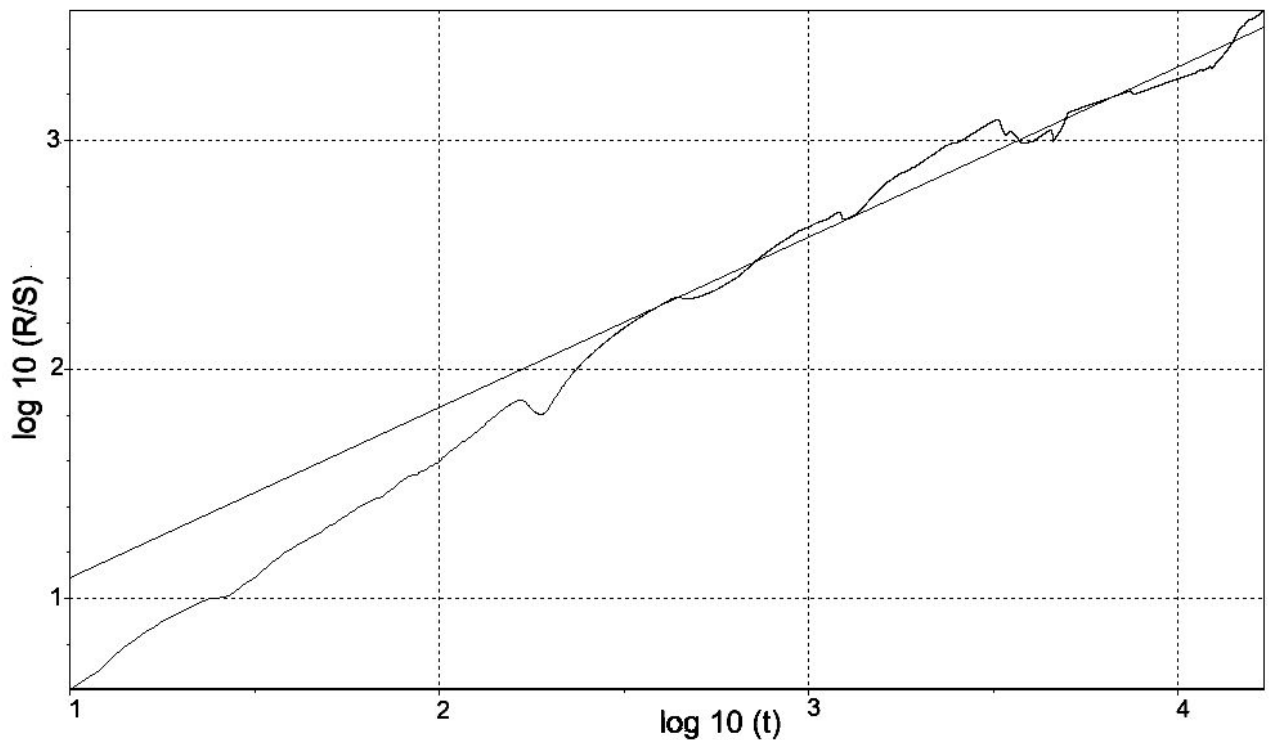


Рис. 2.18 Визначення показника Херста на основі аналізу часового ряду величини рН перед II-ю сатурацією

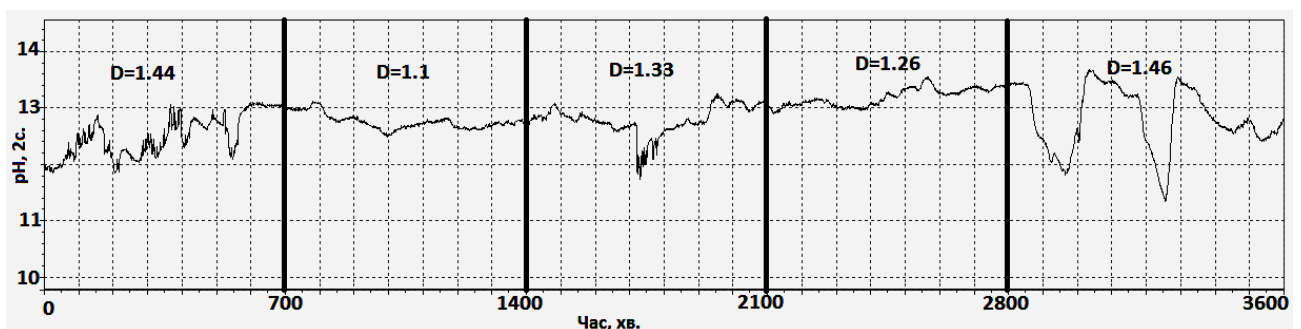


Рис. 2.19. Посегментна фрактальна розмірність для часового ряду величини рН перед II-ю сатурацією

Як видно, поведінка об'єкта характеризується переміжністю, тобто наявністю ділянок близької до детермінованої поведінки та переходами в хаотичний чи стохастичний режими, тобто утворенням дисипативних просторочасових структур, які мають змінну розмірність вкладення (табл.2.8).

Таблиця 2.8. Залежність кореляційної розмірності та розмірності вкладення.

Доба роботи станції	Кореляційна розмірність, $D_2$	Розмірність фазового простору, $n$
1	2	3
1	4.563	5
2	5.468	7
3	3.233	6
4	2.334	4
5	2.474	7

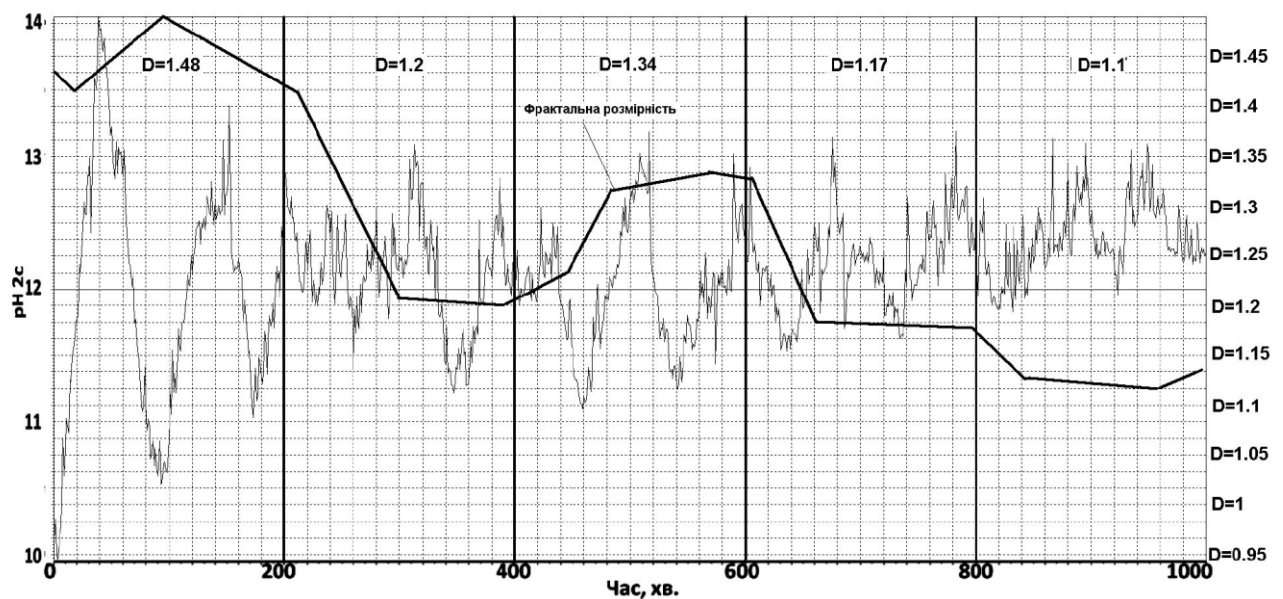


Рис. 2.20. Неперервна фрактальна розмірність для часового ряду величини рН перед II-ю сатурацією

Отримані результати вказують на те, що відділення сокоочистки цукрового заводу є складним нелінійним динамічним об'єктом управління із детермінованим хаосом, який має характерну персистентну часову поведінку і

дає можливість прогнозування на певному горизонті. Дослідженнями також встановлено, що в розглянутій складній динамічній системі спостерігається ефект інтермітансу (переміжності), який представляє собою зміну достатньо тривалих ділянок регулярної в часі поведінки (русел) ділянками хаотичних сплесків та стрибків (джокерів). Відповідно до методу Грасбергера і Прокаччі, процедура реконструкції фазового простору і відновлення хаотичного атрактора системи, зводиться до побудови так званого лагового або відновленого простору за допомогою методу затримки (method of delays). Вектори в новому просторі, сформовані зі значень часового ряду скалярних вимірювань з часовим запізнюванням:

$$\bar{S}_n = (S_{n-(m-1)r}, S_{n-(m-2)r}, \dots, S_n) \quad (4)$$

Реконструкцію атракторів проводили в програмному середовищі MATLAB® (рис.2.21, 2.22).

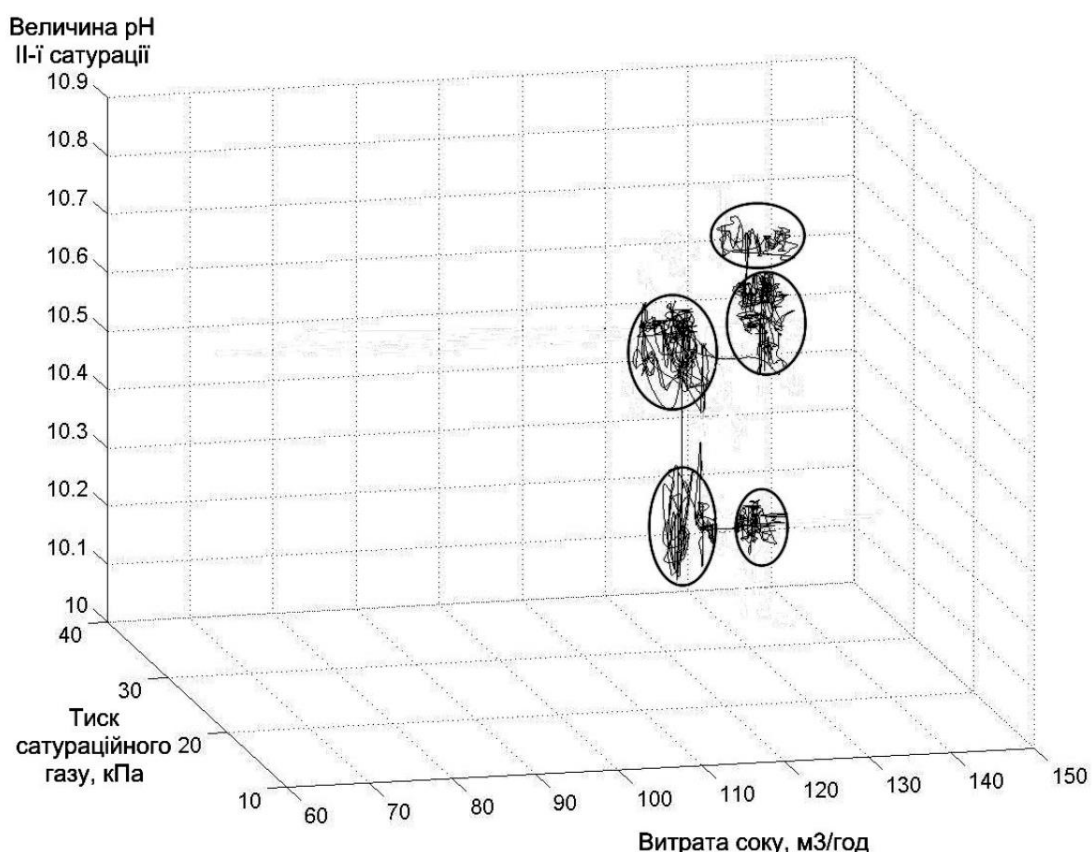


Рис. 2.21. Реконструйований фазовий портрет динамічної системи з областями притягання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

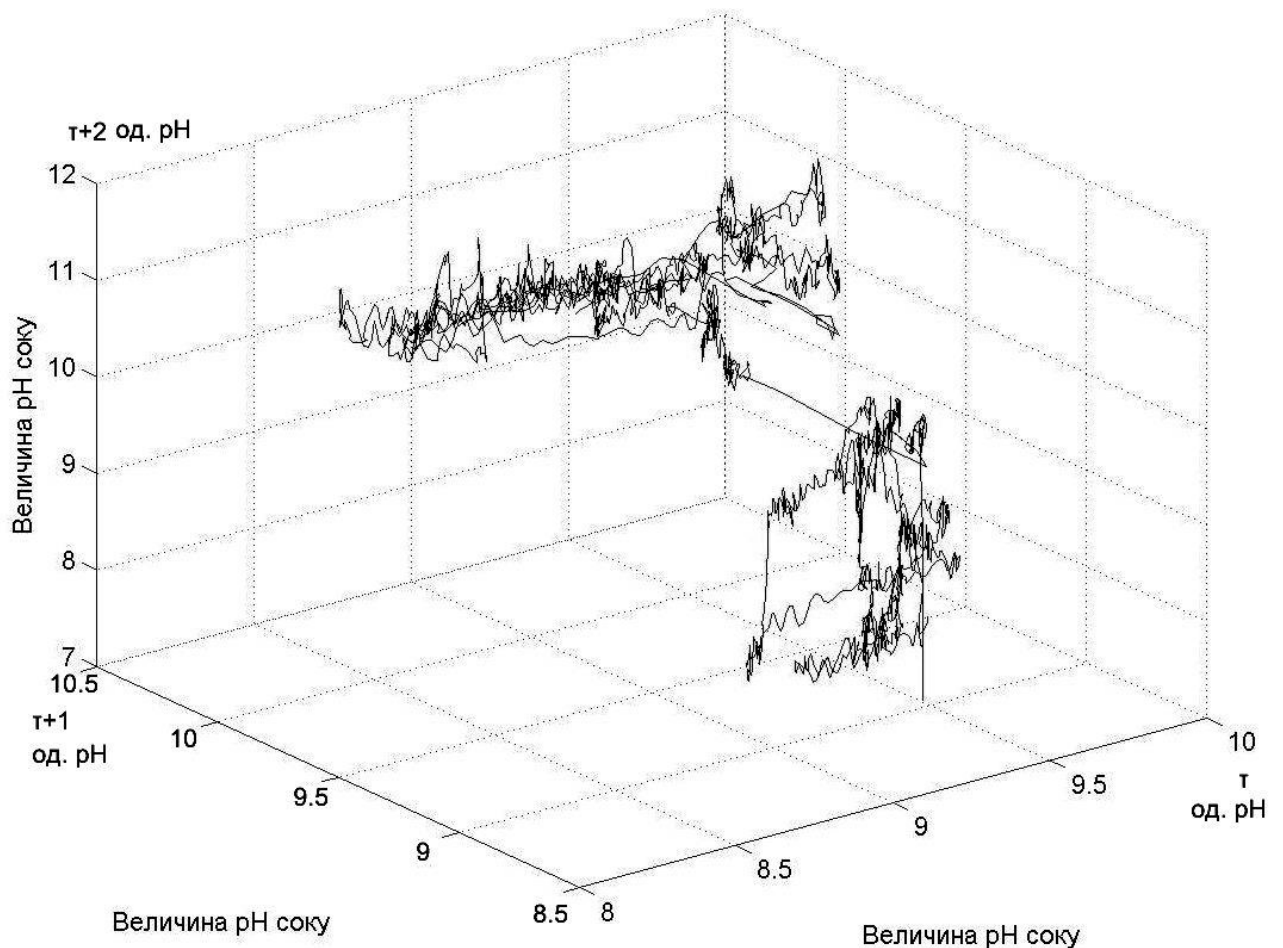


Рис. 2.22. Відновлені аттрактори часових рядів величини рН дифузійного соку II-ї сатурації

З метою виявлення характерних відмінностей поведінки об'єкта, а саме наявності областей русел і джокерів та їх класифікації, застосовано методом графічного тесту Гілмора, програмна реалізація якого була виконана під керівництвом Кишенько В.Д. Фазовий простір такої системи складається із двох областей – області русел  $G$ , поведінка в якій визначається відображенням  $x_n = f(x_{n-1})$  (змінна  $x$  представляє собою вектор) і області  $J$  – області джокера.

При цьому задане правило, за яким система із точки  $x_{n-1} \in J$  попадає в точку  $x_n$ . Залежно від розмірності області  $J$  і заданого правила джокери можна класифікувати як одномірні і  $k$ -мірні ( $k$  менше або дорівнює розмірності фазового простору), а також як точкові та інтервальні. Введення джокера в динамічну систему істотно міняє її поведінку і, як наслідок, числові

характеристики хаотичності, такі як фрактальна розмірність, максимальний показник Ляпунова, ентропія Колмогорова та ін. Для виділення шумів від корисного сигналу (задача фільтрації інформації), визначення характерних проявів поведінки об'єкта (явищ переміжності, патернів) застосовували вейвлет-перетворення сигналів технологічних змінних за допомогою вейвлетів Морле (рис.2.23).

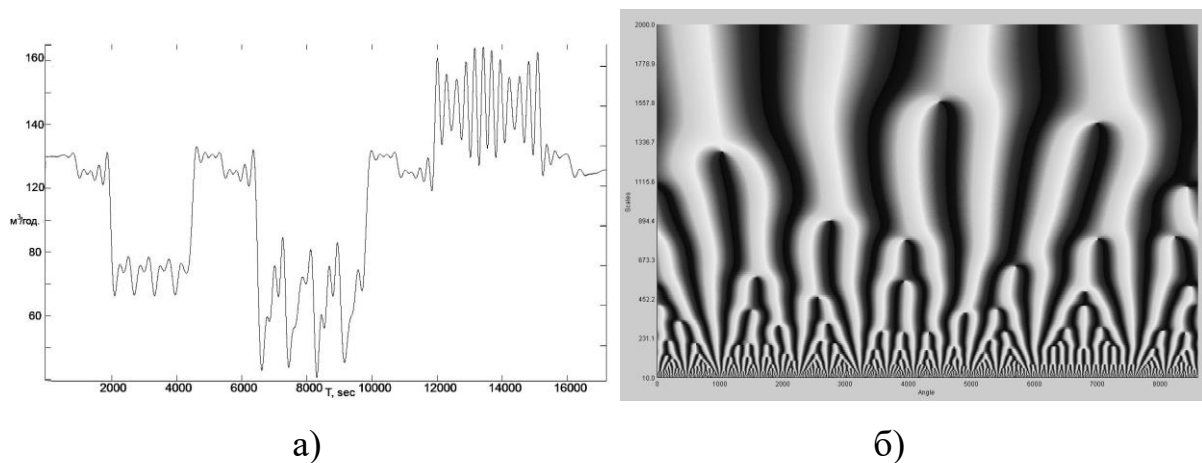


Рис. 2.23. Вейвлет-перетворення сигналу витрати дифсоку на сокоочистку:  
а) сигнал з переміжностями часового ряду, б) спектограма вейвлета Морле

Було проведене комп'ютерне моделювання атрактивної поведінки об'єкта управління, в результаті якого були встановлені керуючі параметри, що визивають структурну самоорганізацію, забезпечуючи організацію ресурсощадних керуючих дій резонансного характеру. До них відносяться показники якості дифузійного соку, вапняного молока та сатураційного газу. В результаті проведених досліджень розроблений алгоритм управління станцією дефекосатурації в рамках ситуаційного підходу (рис. 2.24).



Рис. 2.24. Алгоритм управління станцією дефекосатурації в рамках ситуаційного підходу

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення

### ІСК

#### 3.1. Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи

Середовище CLIPS являє собою сучасний інструмент, призначений для створення експертних систем. В даний час CLIPS знаходиться у відкритому доступі. Офіційний сайт CLIPS розташовується за адресою:

<http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>

Середовище CLIPS (C Language Integrated Production System) призначена для побудови експертних систем (ЕС). Мова була розроблена в центрі космічних досліджень NASA (NASA'S Johnson Space Center) в середині 1980-х років і під багато в чому схожий з мовами, створеними на базі LISP і OPS5. Зараз CLIPS і документація на цей інструмент вільно поширюється через Інтернет.

CLIPS підтримує три основні способи представлення знань:

1. продукційні правила для представлення евристичних, заснованих на досвід знань;
2. функції для представлення процедурних знань;
3. об'єктно-орієнтоване програмування.

В залежності від постановки задачі CLIPS програма це може бути роздруківка частини програм ПЛК, скриптів SCADA/HMI, MES/MOM, окремої прикладної програми або елементи хмарних обчислень, які відповідають за реалізацію функцій та задач ІСК. Мова CLIPS була розроблена з використанням мови програмування C у космічному центрі NASA/Джонсон. Після запуску програми CLIPS на екрані з'являється запрошення, яке повідомляє користувачу, що він працює з інтерпретатором:

```
CLIPS (V6.241 06/19/07)
```

```
CLIPS>
```

В режимі інтерпретатора користувач може виконувати багато команд. Всі команди в CLIPS записуються в круглих дужках. Наприклад команда exit □ вихід з програми CLIPS: CLIPS> (exit)

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		68

Функция	Обозначение функции в CLIPS
Сложение	+
Вычитание	-
Умножение	*
Деление	/
Возведение в степень	**
Определение абсолютного значения	abs
Вычисление квадратного корня	sqrt
Целочисленное деление	div
Остаток от деления	mod
Нахождение минимума	min
Нахождение максимума	max
Синус	sin
Косинус	cos
Тангенс	tan
Натуральный логарифм	log
Экспонента $e^x$	exp
Округление числа	round
Выбор целого случайного числа из интервала [n1 n2]	Random n1 n2

Рисунок 3.1 - Математичні функції в CLIPS

Пункт	Подпункт	“Горячие” клавиши	Назначение команды
File	New Open Load ...	Ctrl+N Ctrl+O Ctrl+L	Создание нового файла Открытие файла Загрузка конструкций из файла.
	Load Batch		Исполнение пакетного файла
Edit	Cut Copy Paste	Ctrl+X  Ctrl+C Ctrl+V	Вырезка фрагмента  Копирование фрагмента Вставка строки из буфера обмена

5

Execution	Reset Run Step	Ctrl+U Ctrl+R Ctrl+T	Инициализация конструкций Запуск на выполнение Выполнение одного шага вывода
Browse	Module Defrule Manager Deffacts Manager		Отображает модуль Менеджер правил Менеджер фактов
Window	Facts Window		Активизация окна списка фактов
	Agenda Window Clear dialog window		Активизация окна агенды Очищает окно с командной строкой

Рисунок 3.2 - Основні команди в CLIPS

Контроль заданого значення рН соку в апараті першої сатурації здійснюється одноконтурною системою регулювання рН соку. Для вимірювання використовується електрохімічний датчик рН EasyFerm Plus ARC з вбудованим перетворювачем (7а). Від них уніфіковані сигнали з технологічного об'єкта поступають до модуля аналогових входів SM 231-1BD40 VIPA System 200V. Також вся інформація про рН надходить до ПК, де відображається, реєструється та контролюється. В апараті першої сатурації рН регулюється електропневматичним позиціонером з модуля аналогових виходів SM 232 VIPA System 200V до позиціонера 3730-3 (7б) пневматичний сигнал з якого поступає на виконавчий механізм Samson 3277 (7г) для регулювання запірно-регулюючого клапана.

Також вся інформація про управління надходить до ПК. Для подачі напруги 24 В до датчика використовується вимикач та блок живлення 8-ми каналний МІКРОЛ.

Головною вимогою, що пред'являються до роботи основної дефекації, є підтримка постійної лужності соку, яка не повинна відхилитися більш ніж на 0,1% CaO від обумовленій величини.

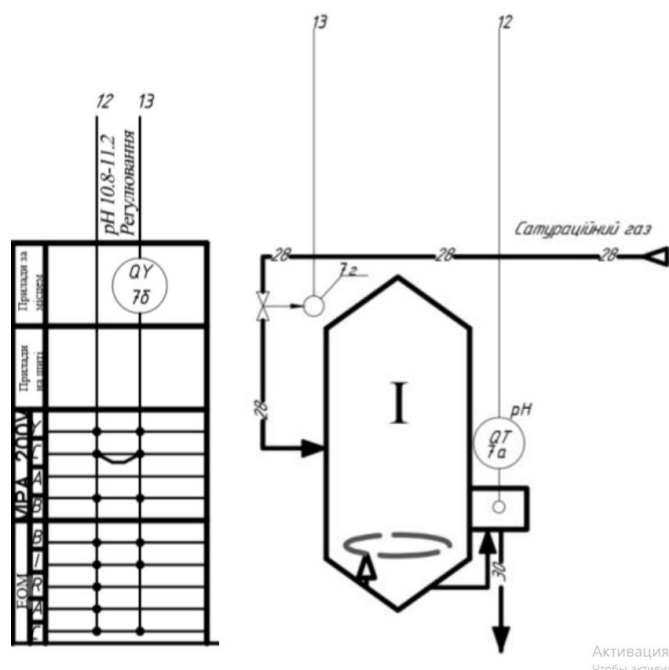


Рисунок 3.3 - Апарат першої сатурації

Алгоритм роботи апарата першої сатурації.

1. Відкрити клапан 7Г (подача сатураційного газу)
2. Стабілізація рівня концентрації рН дифузійного соку в апараті першої сатурації перевищує параметр 11,2 рН, виключити подачу сатураційного газу.
3. Реєстрація температури не повинна перевищувати 130 градусів по Цельсію.
4. відкрити клапан 2, почати злив.

Дана експертна система призначена для видачі вказівок оператору для ефективного керування даним технологічним процесом апарату першої сатурації

Покази з датчика рН з будованим перетворювачем температури були зняті контролером та записані SCADA-програмою в файли

Лістинг експертної системи наведено нижче:

Правило для запуску системи

CLIPS (6.30 3/17/15)

CLIPS> (load "d:\\clp\\main.clp")

Defining defrule: start +j+j

Defining defrule: level +j+j

Defining defrule: level-control +j+j

TRUE

CLIPS> (reset)

CLIPS> (run)

CLIPS> (facts)

f-0 (initial-fact)

f-1 (open-KL1)

f-2 (start-M1)

f-3 (level 3.2)

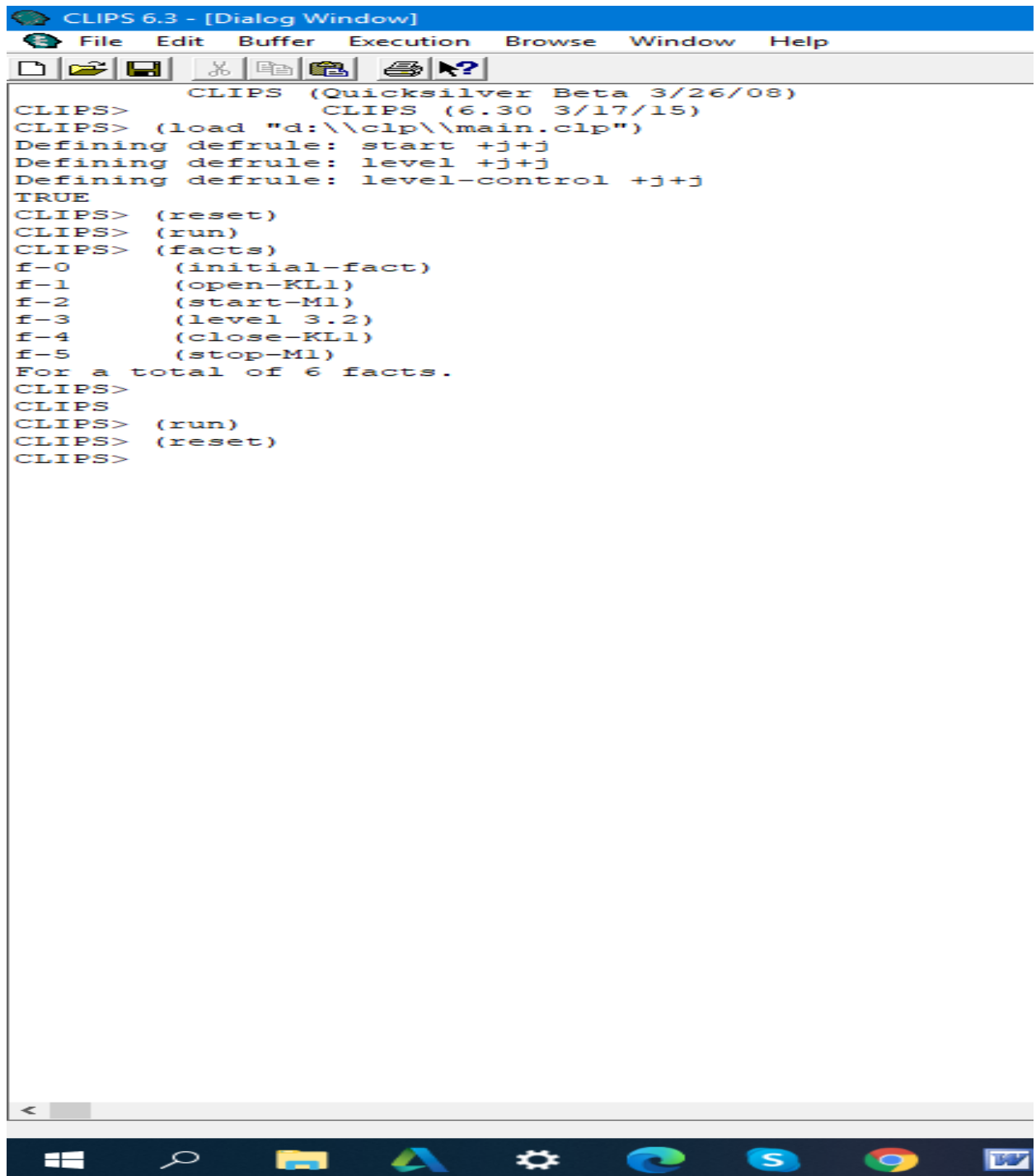
f-4 (close-KL1)

f-5 (stop-M1)

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		71

For a total of 6 facts.

CLIPS>



```
CLIPS 6.3 - [Dialog Window]
File Edit Buffer Execution Browse Window Help
CLIPS (Quicksilver Beta 3/26/08)
CLIPS (6.30 3/17/15)
CLIPS> (load "d:\\clp\\main.clp")
Defining defrule: start +j+j
Defining defrule: level +j+j
Defining defrule: level-control +j+j
TRUE
CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)
CLIPS> (facts)
f-0      (initial-fact)
f-1      (open-KL1)
f-2      (start-M1)
f-3      (level 3.2)
f-4      (close-KL1)
f-5      (stop-M1)
For a total of 6 facts.
CLIPS>
CLIPS
CLIPS> (run)
CLIPS> (reset)
CLIPS>
```

Рисунок 3.4 Програмна реалізація апарату першої сатурації

### 3.2. Розробка міжпрограмної взаємодії ІСК (Internal Block diagram)

Внутрішня блокова діаграма заснована на складеній структурі діаграми UML (Composite Structure diagram) і включає обмеження та розширення, визначені SysML. Діаграма внутрішнього блоку фіксує внутрішню структуру блоку з точки зору характеристик та зв'язків між характеристиками. Блок включає характеристики, такі як значення, частини та посилання на інші визначені блоки. Внутрішня блокова діаграма, створена для блоку (як внутрішнього елемента), відображатиме лише внутрішні елементи класифікатора (частини, порти та з'єднувачі), внутрішня блокова діаграма, створена для пакета, відображатиме додаткові елементи (форми, примітки та коментарі).

Усі характеристики та з'єднувачі, що з'являються у IBD, належать блоку, ім'я якого записане у заголовку діаграми. Саме конкретний блок є контекстом діаграми. Таким чином, складені блоки з BDD інстанціюються на IBD як частини. Ці деталі збираються через з'єднувачі, пов'язуючи їх безпосередньо або через свої порти (стандартні порти з відкритими інтерфейсами та / або портами потоку). Порівняно з UML2, IBD SysML переосмислює схему складеної структури, підтримуючи блоки та порти потоків.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		73

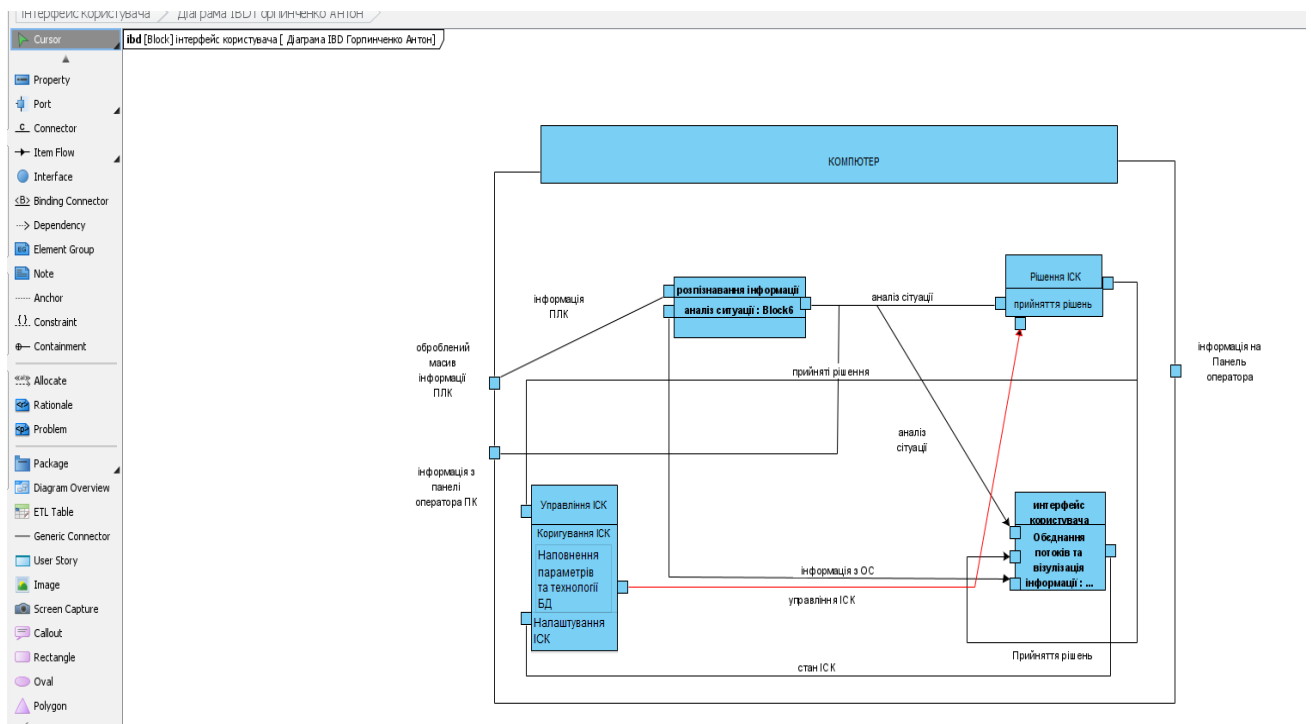


Рисунок 3.5 - Розробка міжпрограмної взаємодії ІСК (Internal Block diagram) апарату першої сатурації

### 3.3 Визначення параметрів ІСК (Parametric diagram)

Параметрична діаграма (Parametric diagram) призначена для підтримки системного аналізу (продуктивності, надійності тощо) шляхом визначення блокових обмежень. Блокові обмеження виражаються математичними рівняннями та їх параметрами, деякі з яких можуть відповідати характеристикам системного блоку.

Для початку, подібно до процесу створення BDD для визначення блоку перед створенням IBD, обмеження блоку визначаються на діаграмі класів.

Після цього можна створити параметричну діаграму:

- блокові обмеження створюються у вигляді обмежених характеристик та успадковують параметри від блочного обмеження;
- системні властивості додаються та можуть бути пов'язані з характеристиками блоку;

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

- з'єднувачі використовуються для зв'язку всіх характеристик системи та обмежених характеристик.

Обмежені характеристики зазвичай мають прості типи значень, які також можуть перенесені в одиниці вимірювання, кількість видів та розподіл ймовірностей. Це дозволяє для Value Property, яка може бути глибоко вкладена в ієрархію, відслідковуватися на зовнішньому рівні. Контекст для використання Блоків обмежень також повинен бути вказаний на параметричній діаграмі для підтримки належних просторів імен для вкладених властивостей.

Стан системи може бути визначений з точки зору значень деяких його характеристик. Зміна стану призведе до перерахунку різного набору рівнянь обмежень. Це може бути досягнуто, вказавши обмеження, які зумовлені величиною характеристики із станом. Параметричні діаграми можуть бути використані для підтримки компромісного аналізу. Блок обмеження може визначити цільову функцію для порівняння альтернативних варіантів.

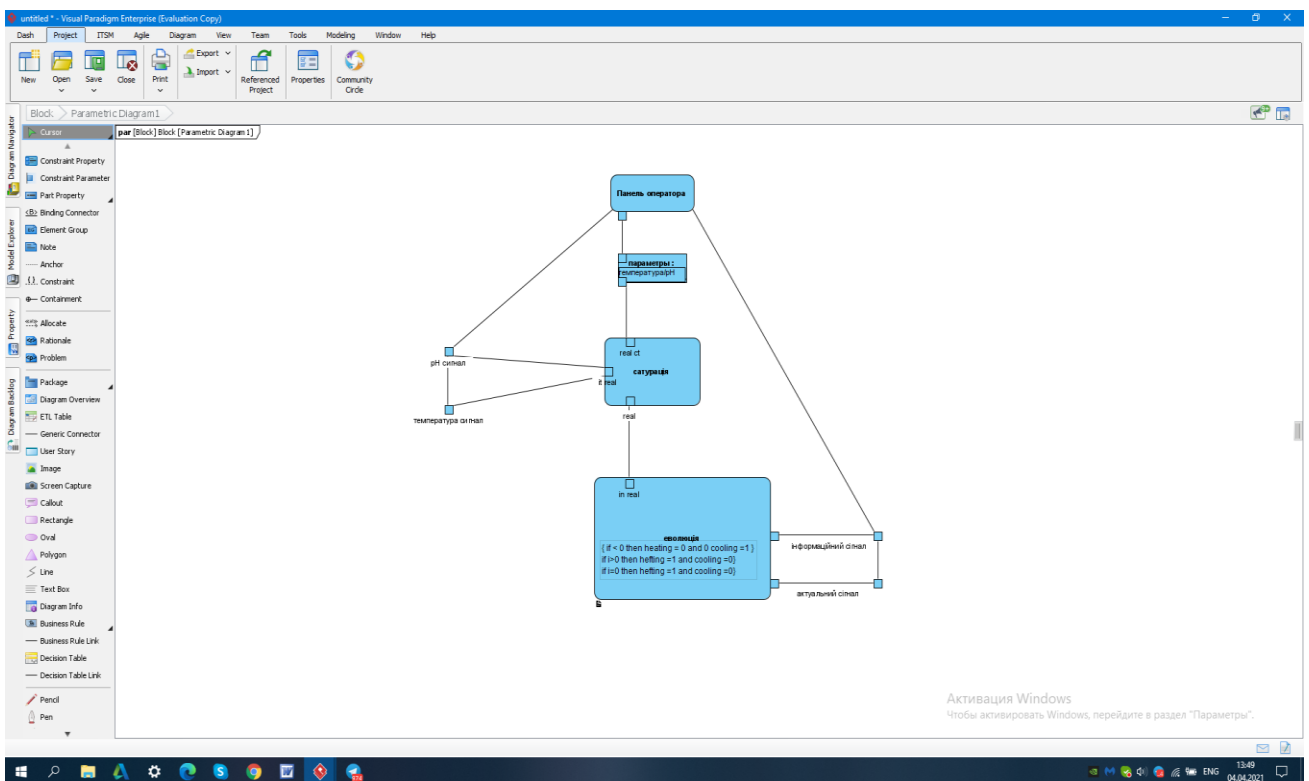


Рисунок 3.6 Parametric diagram

**Висновок:** Цілями створення *ІСКУПС* є: простота обладнання в експлуатації, що, призвела до збільшення виходу продукції (сировини) для

подальшої обробки на апараті другої сатурації; запобігання аварійним ситуаціям; централізоване управління найбільш важливих технологічних параметрів технологічного процесу: аналіз роботи системи в режимі реального часу та історії і архівування процесу, моделювання математичних моделей технологічного процесу; зменшення впливу людського фактору на процеси виробництва; стабілізація параметрів виробничого процесу; що підтримують на заданому рівні рН відповідно до ДСТУ, облік кількості переробленої сировини; спрощення та покращення умов праці виробничого персоналу; підтримка рентабельності виробництва соку першої сатурації, підвищення надійності роботи обладнання (насоси, двигуни, апарат першої сатурації, робочі органи), а також захист в аварійних ситуаціях; недопускання втрати сировини та зменшення забракованої продукції. Під час виконання курсового проекту було розроблено такі типи діаграм: Parametric diagram, Internal Block diagram, Sequence diagram, Use Case diagram, Activity diagram, Requirement Diagram, State Machine diagram.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		76

### 3.4. Розробка та моделювання ІСК

#### 3.4.1 Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних

Задача – створити підсистему оцінки якості, що має 3 входи і формує на основі оцінки відповідне логічне рішення. На рис. 3.7 зображена структура системи логічного висновку

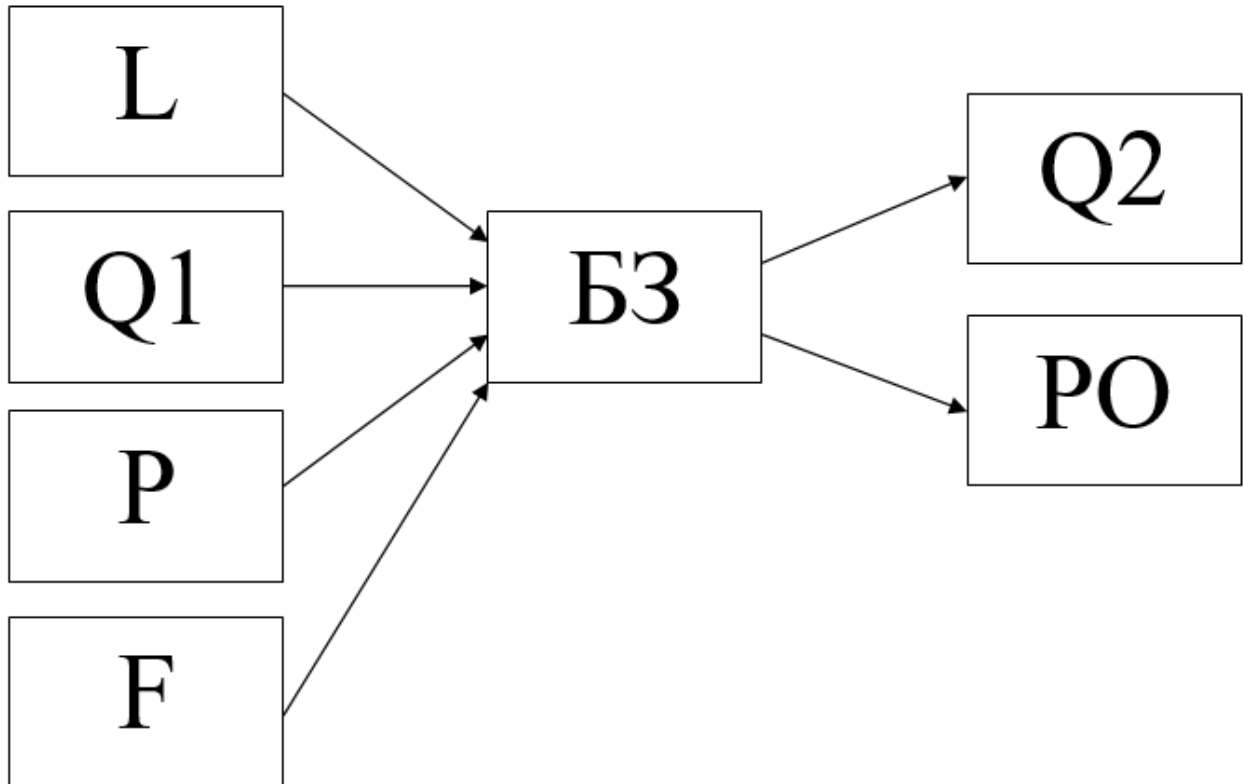


Рис.3.7 Структура системи логічного висновку

За основу взято три вхідні змінні:

F: [(0-10)м3/год] – витрата дифузійного соку в сатуратор №1;

P: [(0-6)МПа] – тиск в трубопроводі подачі сатураційного газу;

Q1: [(0-14)рН] – кислотність диф.соку в переливному ящику №2;

L: [(0-100%)] – рівень в збірнику №1 дифузійного соку.

Вихідна змінна:

Q2: [(0-14)рН] – кислотність диф.соку в переливному ящику №1;

PO: [(0-100)%] – регулюючий орган витрати сатураційного газу в сатуратор №1

Даний розділ кваліфікаційної роботи виконується у програмному середовищі Matlab. Викликаємо інструментальну підсистему створення нечітких систем FIS Editor Fuzzy Toolbox шляхом введення команди `fuzzy` в командному рядку середовища Matlab. Відкривши меню Editor система FIS Editor, додаємо 3 входи: `Add Variable... Input`. В зоні параметрів `Current Variable`, перейменовуємо параметр `Name` на назву входу, або виходу, що відповідає реальній назві вхідних та вихідної змінних.

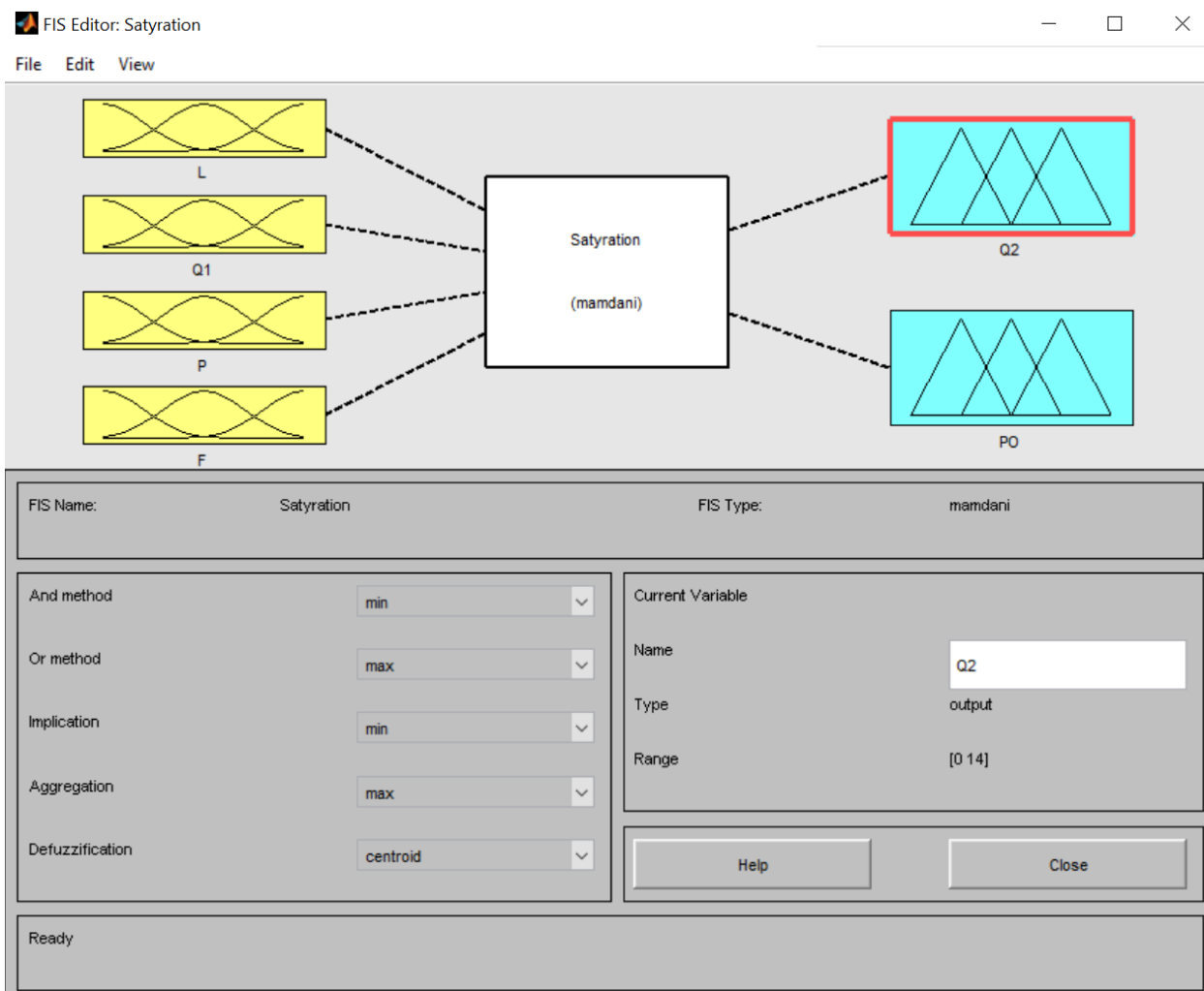


Рис.3.8 Параметрична структура підсистеми.

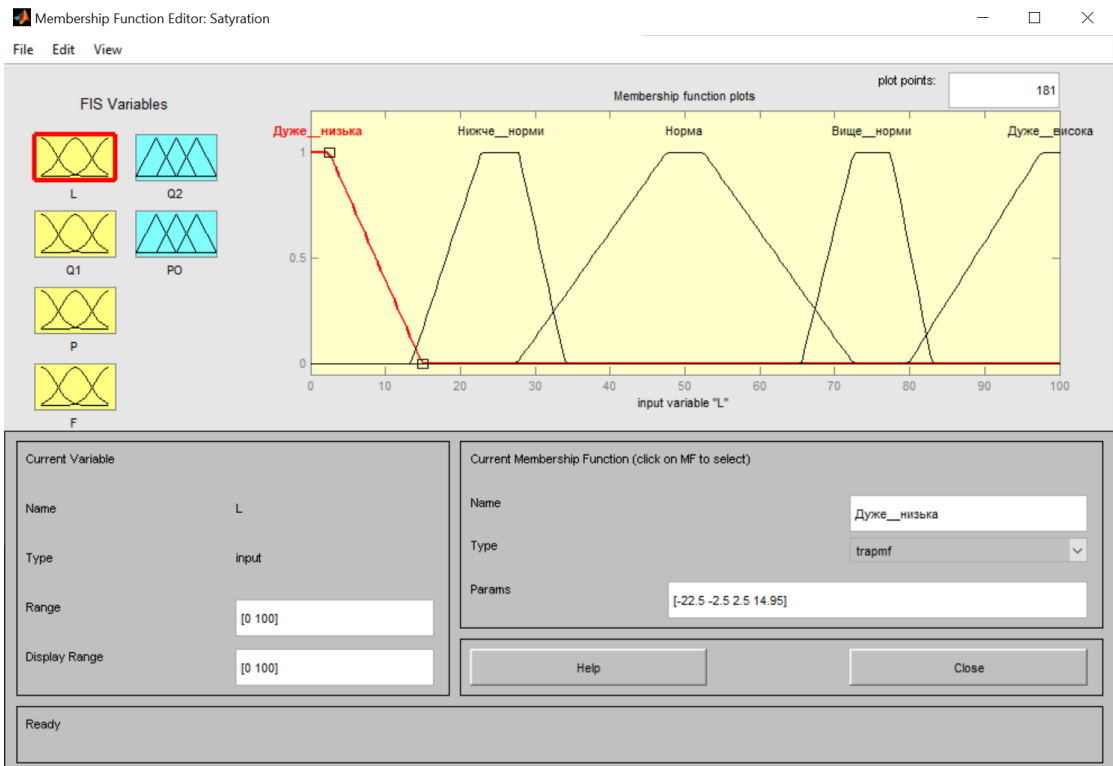


Рис.3.9 Вікно редагування функцій належності для рівня

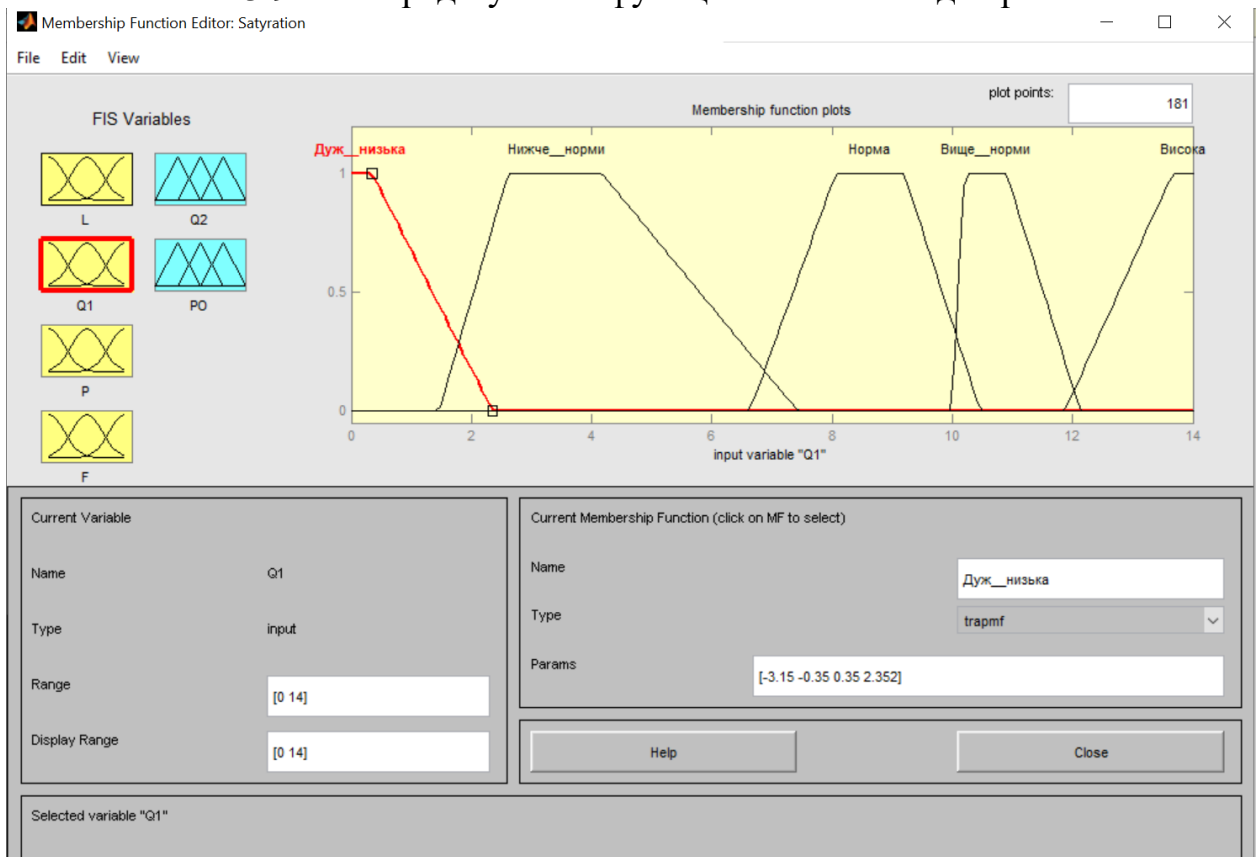


Рис.3.10 Вікно редагування функцій належності кислотності в переливному ящику №2

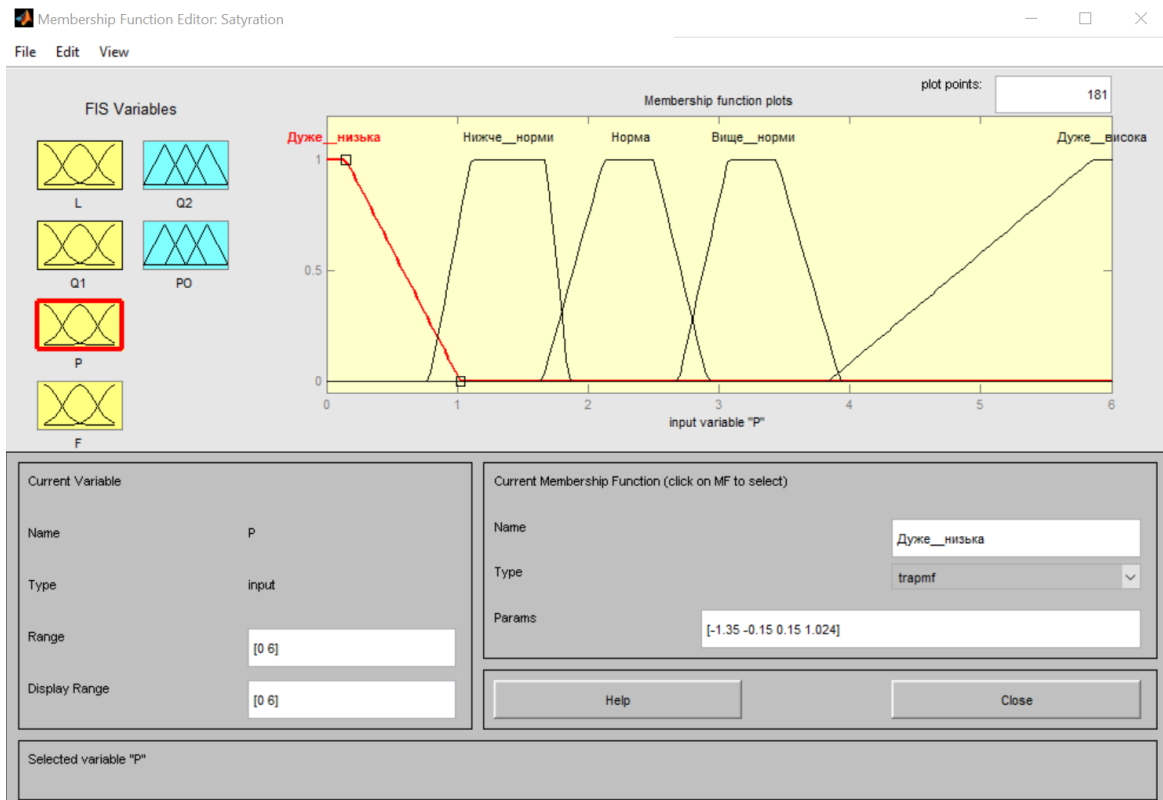


Рис.3.11. Вікно редагування функцій належності для тиску сатураційного газу

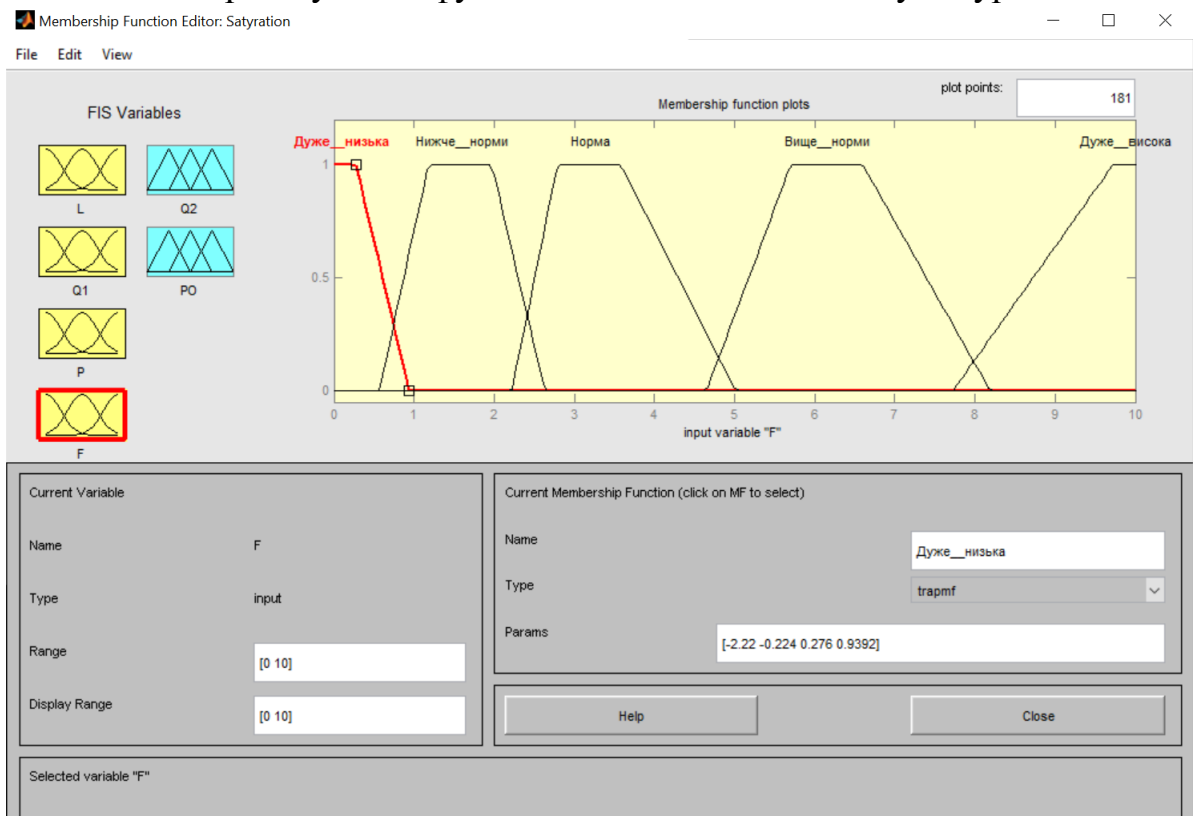


Рис.3.12. Вікно редагування функцій належності для витрати дифузійного соку

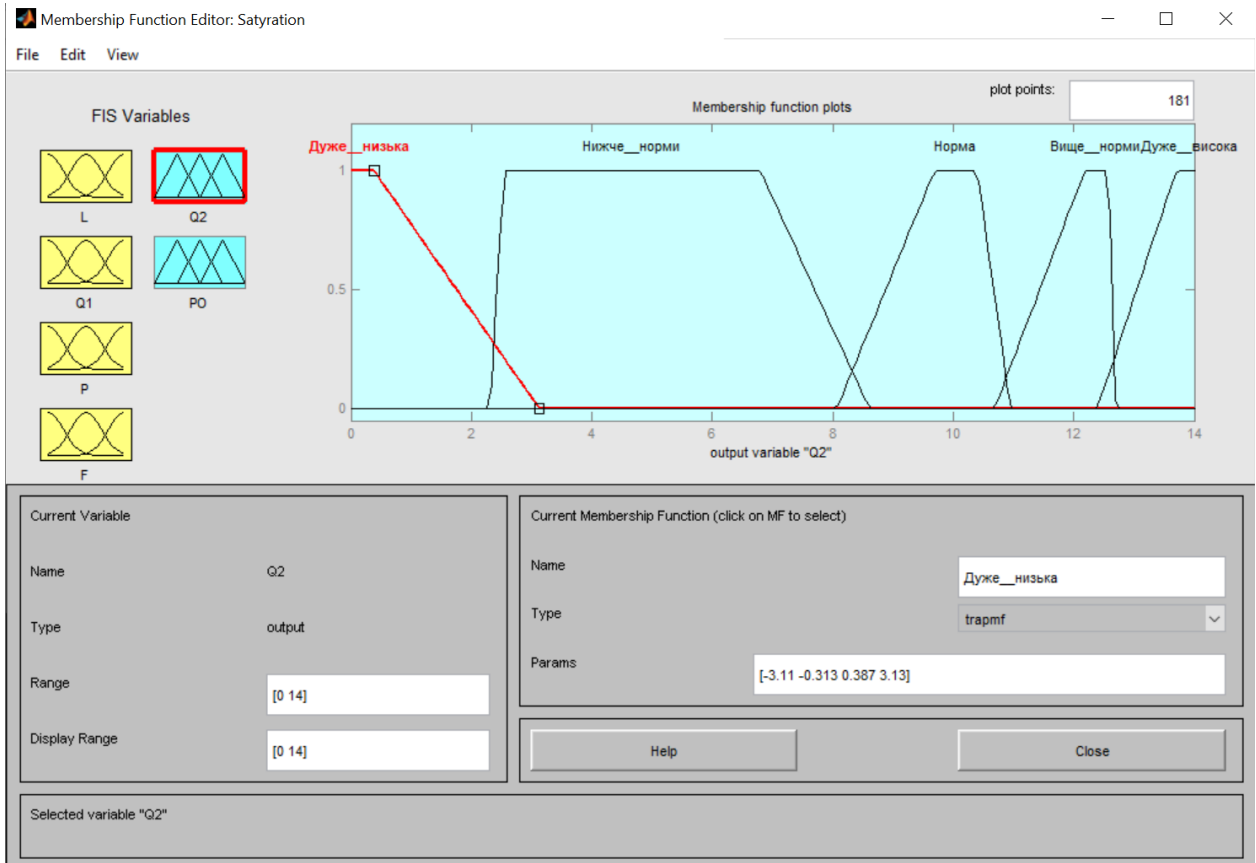


Рис. 3.13. Вікно редагування функцій належності для кислотності в переливному ящику №1

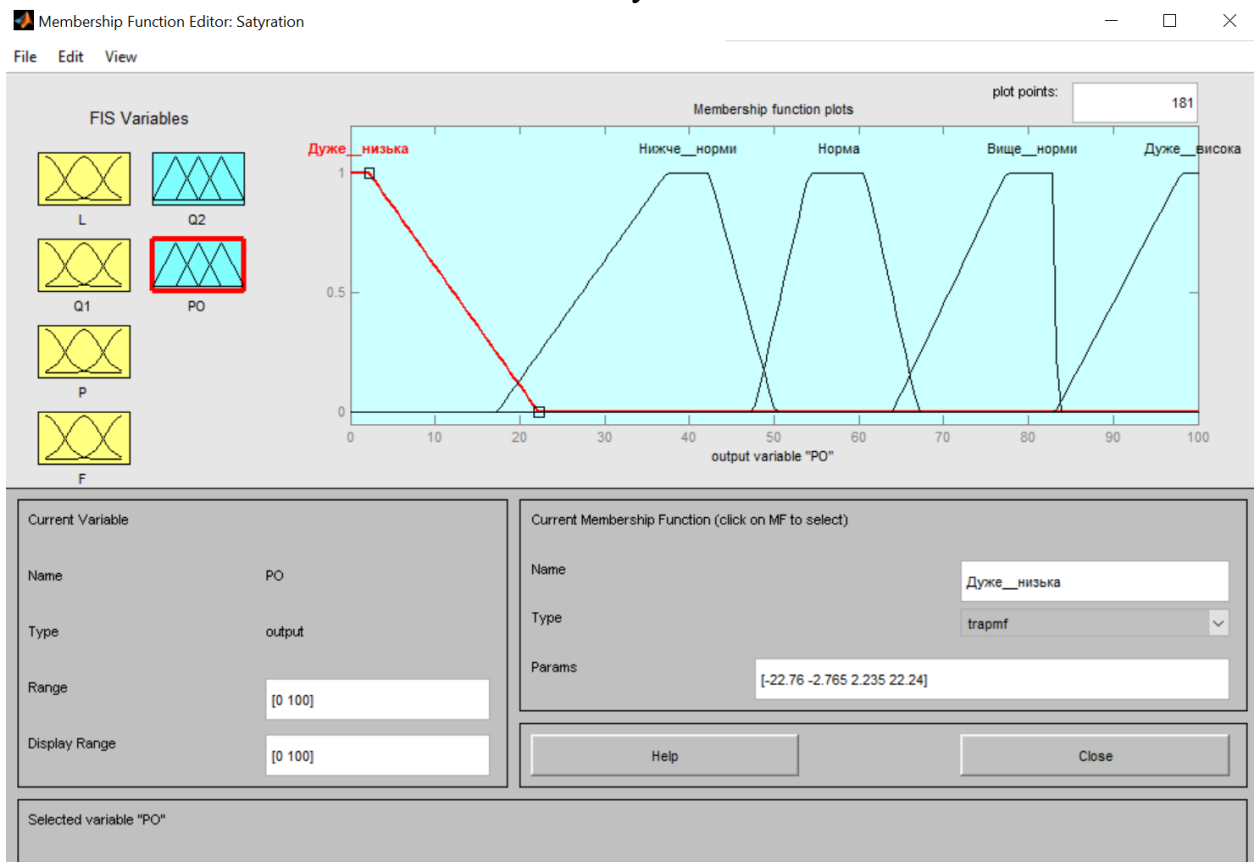


Рис. 3.14. Вікно редагування функцій належності для регулюючого органу витрати дифузійного соку в сатуратор №1.

### 3.4.2 Розробка бази правил для нечіткої системи.

Аналіз результатів роботи системи В головному вікні FIS Editor в меню Edit Rules... відкриється вікно Rule Editor. Це вікно також відкриється подвійним натисканням лівої клавіші миші на центральному білому прямокутнику. В даному вікні визначаються нечіткі правила поведінки системи, що створюється (рис. 3.15).

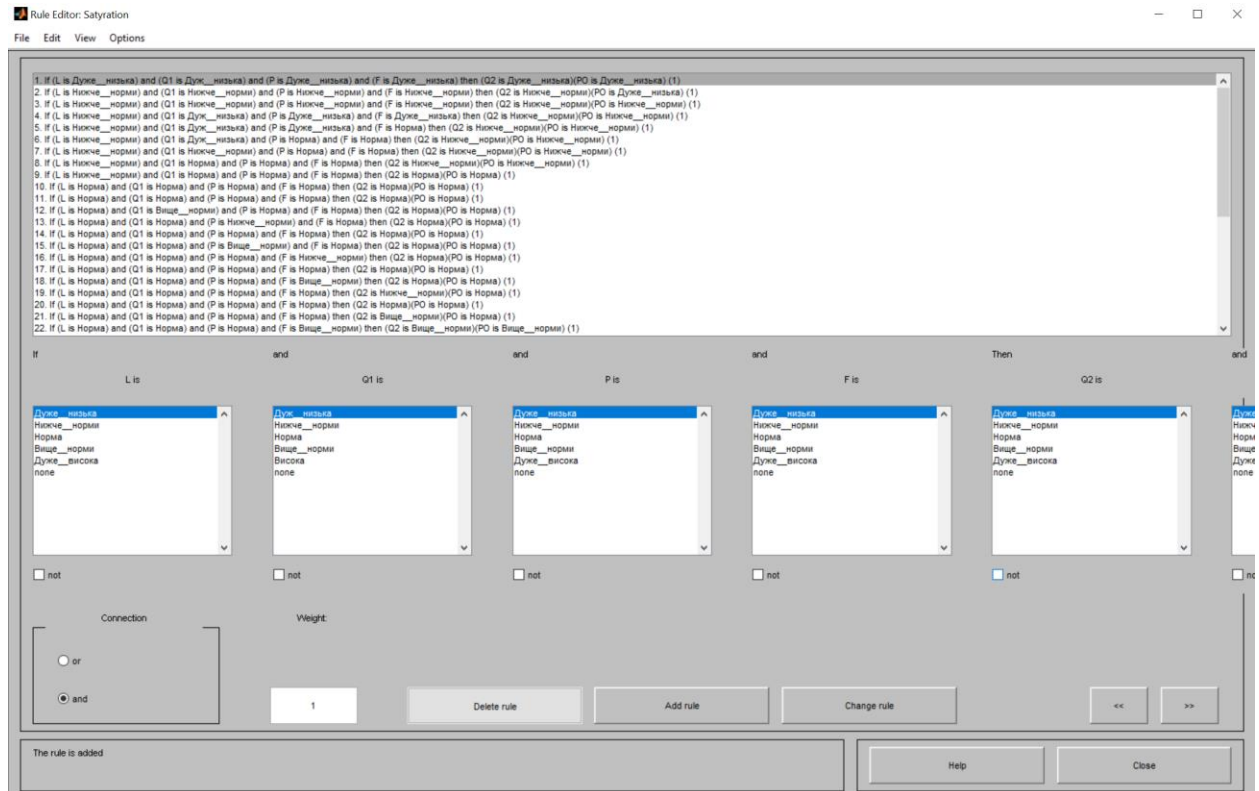


Рис. 3.15 Вікно редагування правил нечіткого висновку  
Для перегляду результату роботи системи (підсистеми) нечіткої логіки в головному вікні FIS Editor обирають в меню View команду Rules – графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку (рис.3.16) або команду Surface – відображення поверхні відгуку (рис. 3.17, 3.18).

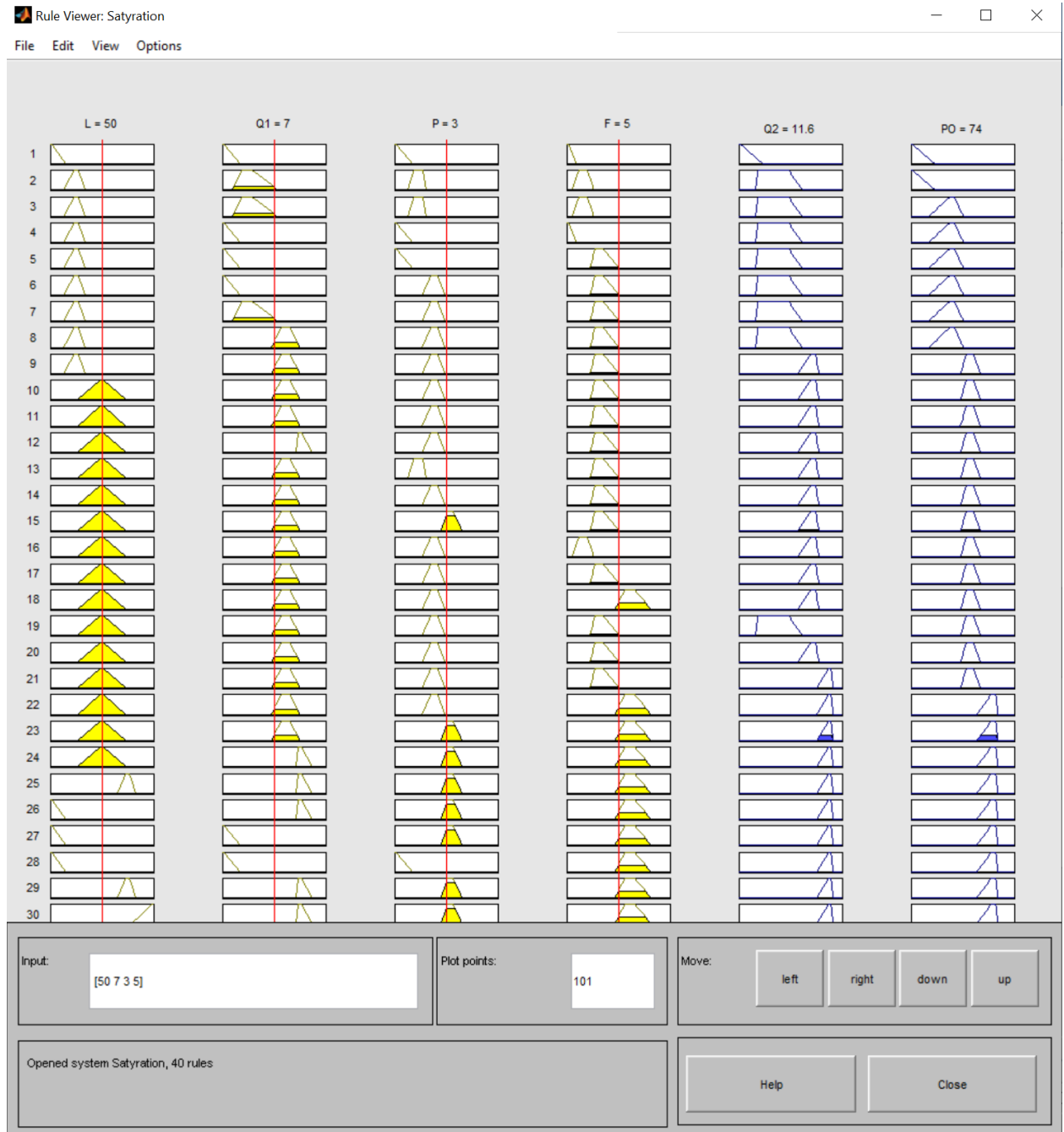


Рис.3.17. Вікно графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку

З графіку видно рекомендовані оптимальні значення параметрів:  $L=50\%$ ,  $Q1=7$  рН,  $P=3$  МПа,  $F=5$  м<sup>3</sup>/год,  $Q2=11.6$  рН,  $PO=74\%$ .

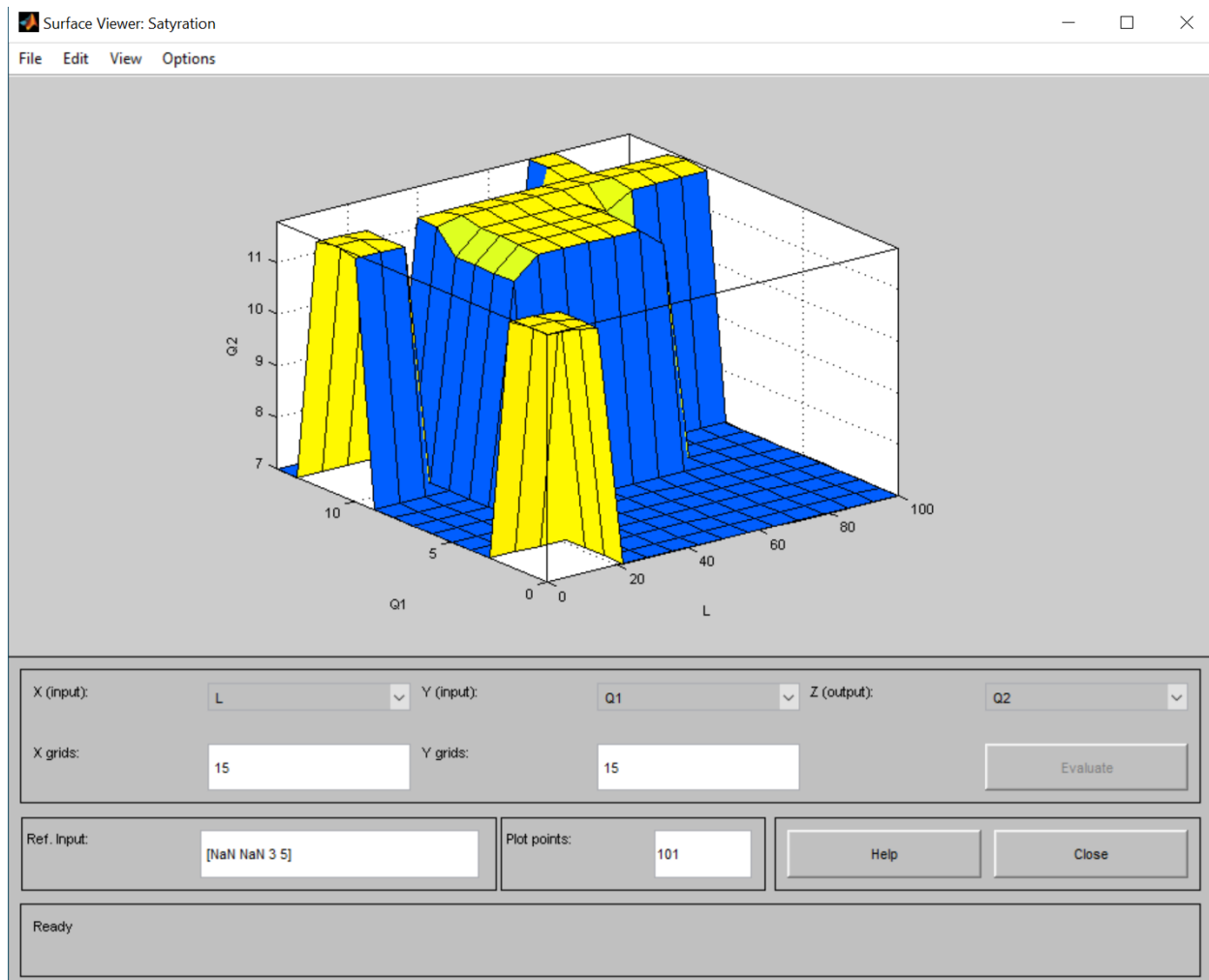


Рис. 3.18. Вікно відображення поверхні відгуку залежності температури та тиску.

З малюнку можна побачити рекомендовані оптимальні параметри:

$Q1=[7-12]$ ,  $L=[0-20, 40-80]$ ,  $Q2=11.5$

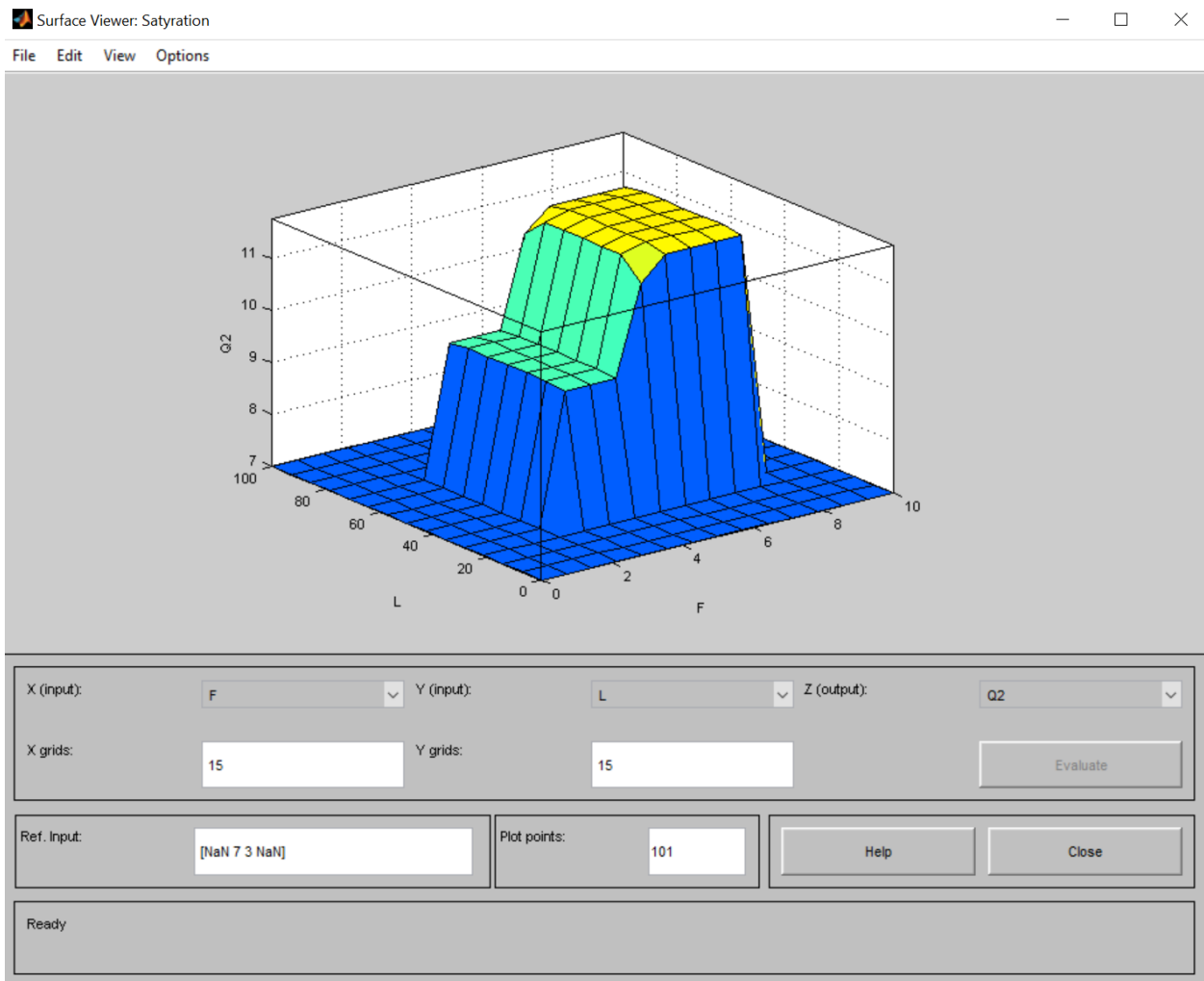


Рис. 3.19. Вікно відображення поверхні відгуку залежності концентрації в переливному ящику №1 від рівня в збірнику та витрати дифузійного соку

З малюнку можна побачити рекомендовані оптимальні параметри:

$F=[2-8]$ ,  $L=[20-80]$ ,  $Q2=11.5$

### 3.4.3 Побудова нечіткого регулятора

До синтезованої системи пред'являються такі вимоги: перерегулювання не більше 5%, час перехідного процесу 20 секунд, число коливань до закінчення часу перехідного процесу не більше двох, щоб встановлена помилка дорівнювала нулю.

Для системи (1) сконструювати і провести порівняльний аналіз наступних типів регуляторів:

- Пропорційний регулятор (П).
- Пропорційно-диференціальний регулятор (ПД).
- Нечіткий регулятор, який використовує такі правила:  
 If (temperature is low) then (valve is open less)  
 If (temperature is normal) then (valve is no ze)  
 If (temperature is high) then (valve is close more)
- Нечіткий регулятор, який використовує правила: If (temperature is low) then (valve is open less)  
 If (temperature is normal) then (valve is no ze)  
 If (temperature is high) then (valve is close more)  
 If (temperature is normal) and (rate is pos), then (valve is p)  
 If (temperature is normal) and (rate is neg), then (valve is n)

Нижче наводиться схема роботи апарату засобами Simulink на основі співвідношення (1). Система замкнута від'ємним зворотнім зв'язком. Приймаємо для спрощення, що на вхід подаємо величину, чисельно рівну значенню бажаної температури в ємності. Внаслідок цього коефіцієнт вимірювача (тахогенератора), приймаємо рівним 1.

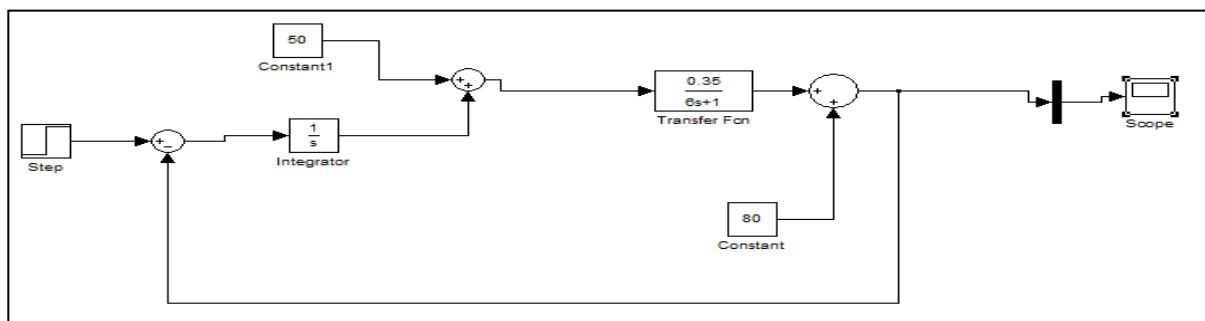


Рис.3.20 Схема ОУ

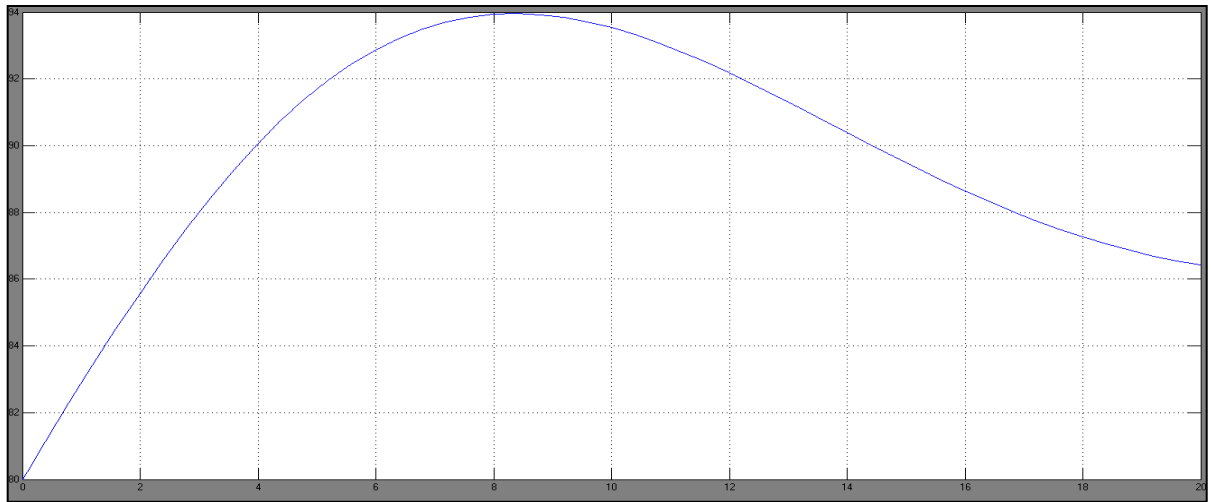


Рис.3.21 Зміна кислотності в переливному ящику

Тепер в систему додамо найпростіший регулятор, який реалізує пропорційний закон управління.

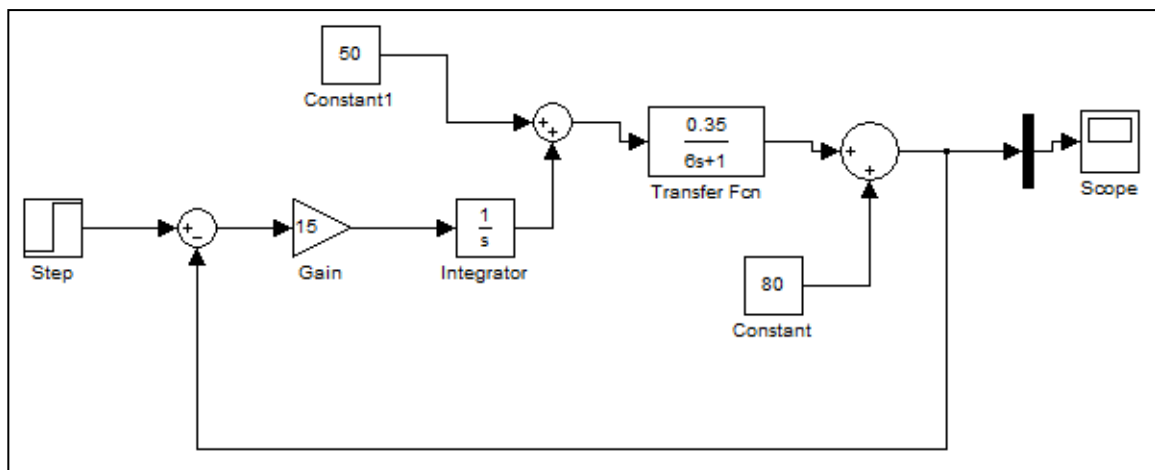


Рис.3.22. Схема ОУ з П-регулятором.

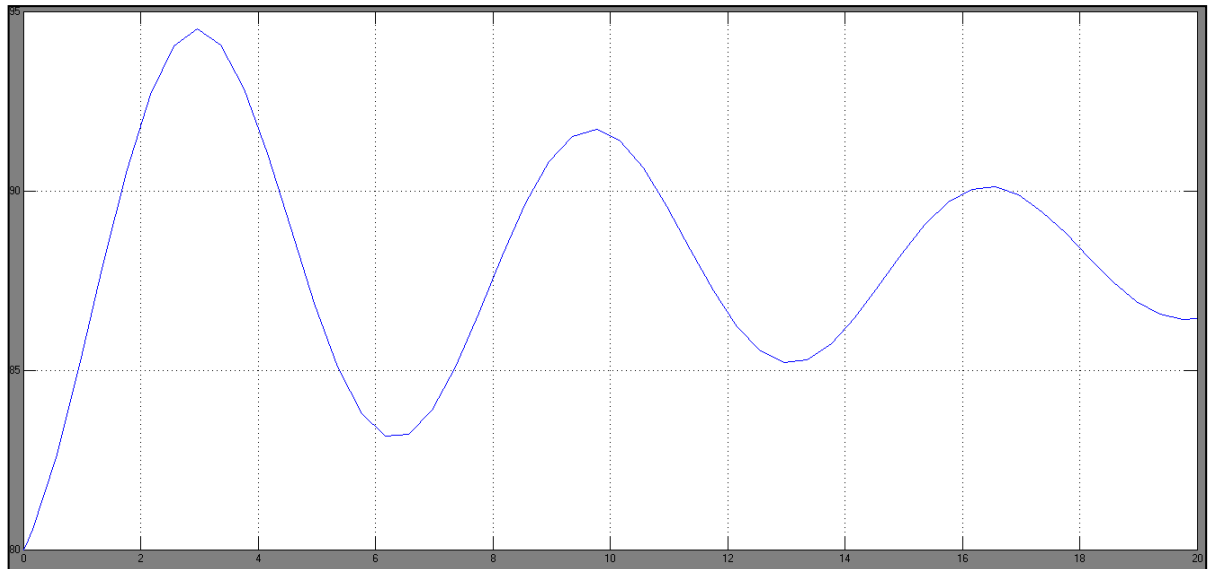


Рис.3.23. Зміна кислотності в переливному ящику з П-регулятором.

Зрозуміло, що ми маємо дуже простий механізм регулювання шляхом зміни коефіцієнта підсилення. На рис. 20 ми можемо спостерігати динаміку процесу, зміна ж коефіцієнта підсилення може лише змінити швидкодію, але не якість. У даній постановці задачі ми можемо змінити тільки швидкодію процесу, але не його динаміку. З допомогою П-регулятора ми не можемо отримати процес необхідної якості. Розглянемо роботу системи при додаванні ПД-регулятора, тобто введення крім пропорційної ще й диференційну ланки.

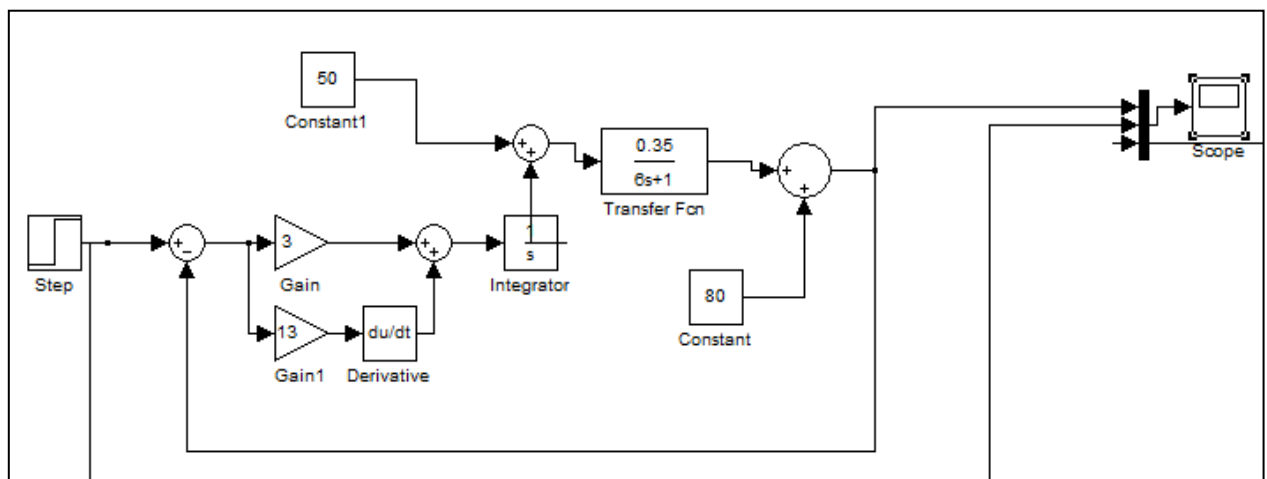


Рис.3.24. Схема ОУ з ПД-регулятором.

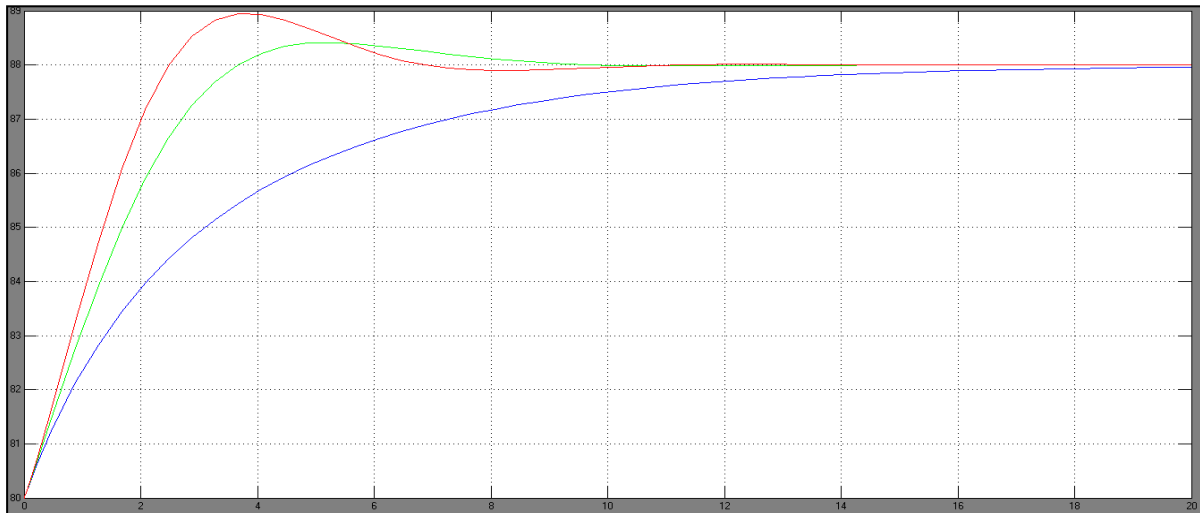


Рис.3.25. Зміна кислотності в апараті при різних значеннях коефіцієнта пропорційності ПД-регулятора:  $K_p = 12$  (ч),  $K_p = 8$  (з),  $K_p = 3$  (с) при  $K_d = 12$ .

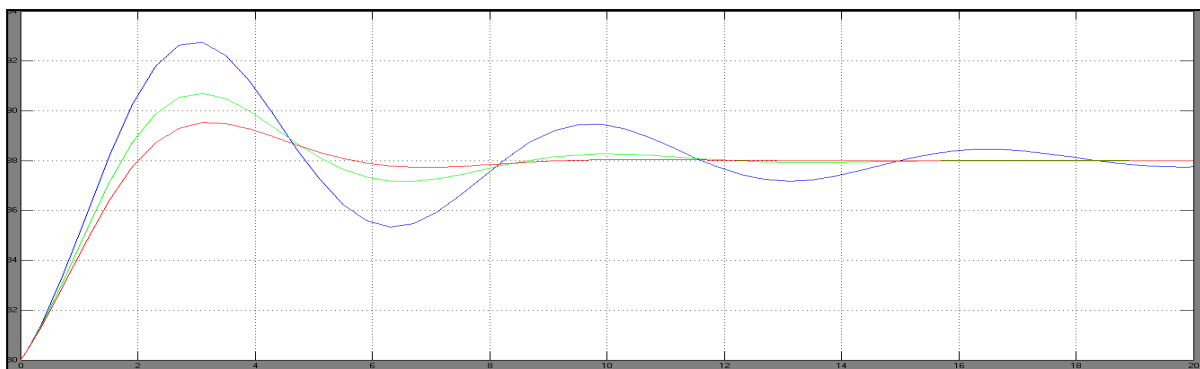


Рис.3.26. Зміна кислотності апараті при різних значеннях коефіцієнта диференціювання ПД-регулятора:  $K_d = 3$  (с),  $K_d = 8$  (з),  $K_d = 12$  (ч) при  $K_p = 15$ .

Ми можемо бачити, що, природно, коефіцієнт диференціювання призводить до зміни перерегулювання прямо пропорційним чином. Очевидно, підбором обох коефіцієнтів можна досягнути і прийняттого часу регулювання, і плавності переходу.

Перейдемо до побудови нечітких регуляторів. Розглянемо побудову нечіткого регулятора, закон управління якого формується на основі трьох правил:

If (temperature is low) then (valve is open less)

If (temperature is normal) then (valve is no ze)

If (temperature is high) then (valve is close more)

Отримуємо наступне: якщо рівень рідини «нормальний», то залишаємо клапан «без змін», якщо рівень «низький», то клапан «швидко відкривається», якщо рівень «високий», то клапан «швидко закривається».

Модель нечіткого регулятора складена засобами Fuzzy Logic Toolbox. Нечіткі поняття, взяті вище в лапки, представлені в моделі термами лінгвістичних змінних, з якими зіставлені функції належності.

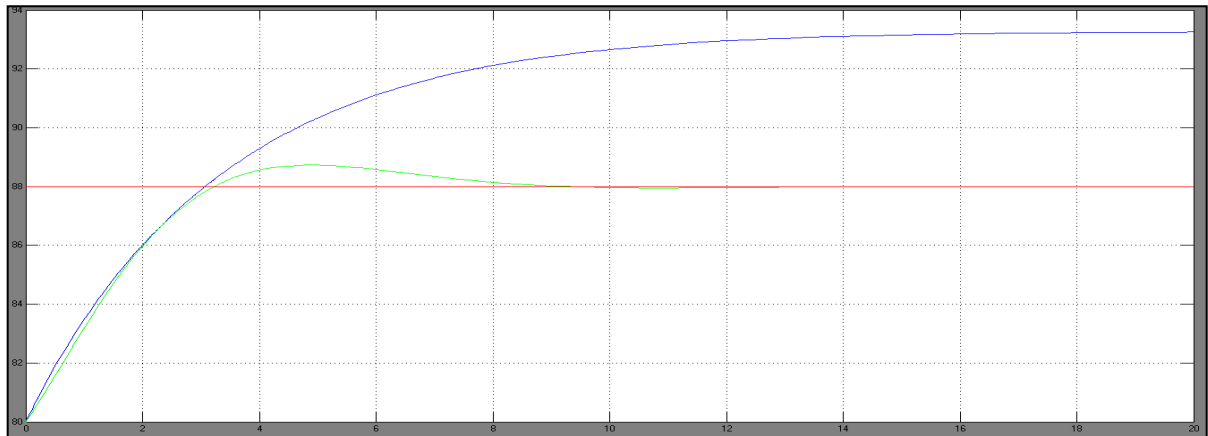


Рис.3.27. Зміна температури в апараті в системі з нечітким регулятором.  
(зелений- завдання, червоний- ПД-регулятор, синій - нечіткий регулятор)

У даному випадку ми отримали перехідний процес, за якістю неприйнятний. Підбором функцій приналежності не вдається підібрати прийнятний процес, оскільки не врахована інформація про поведінку температури в апараті. Приходимо до висновку про необхідність подачі на вхід регулятора інформації про знак похідної. Це буде враховано в регуляторі з п'ятьма нечіткими правилами.

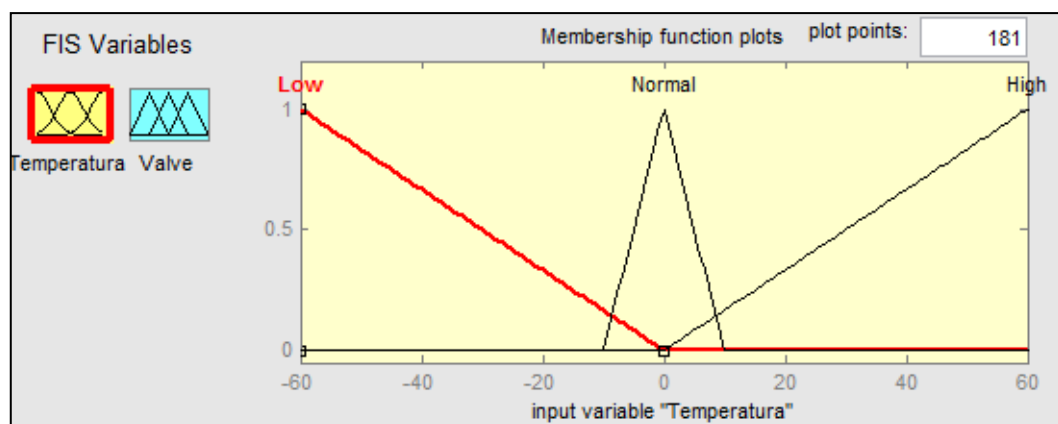


Рис.3.28. Функції належності для термів вхідної змінної кислотність

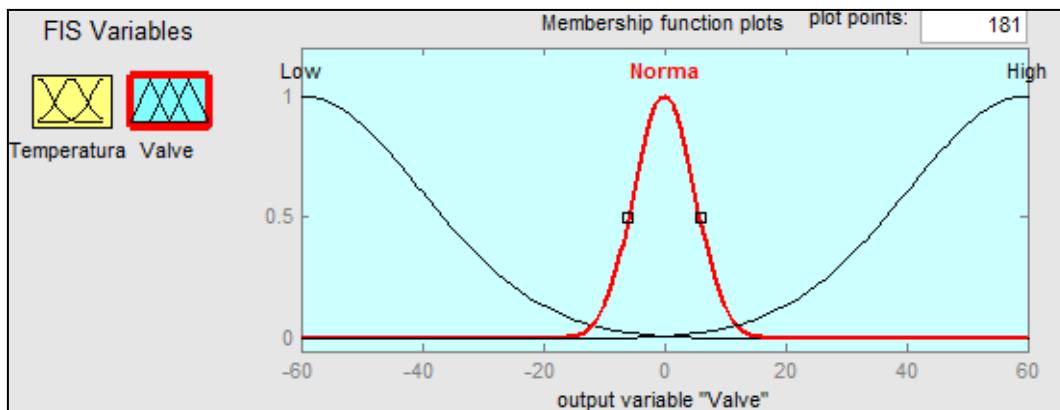


Рис.3.29. Функції належності для термів вихідної змінної Valve.

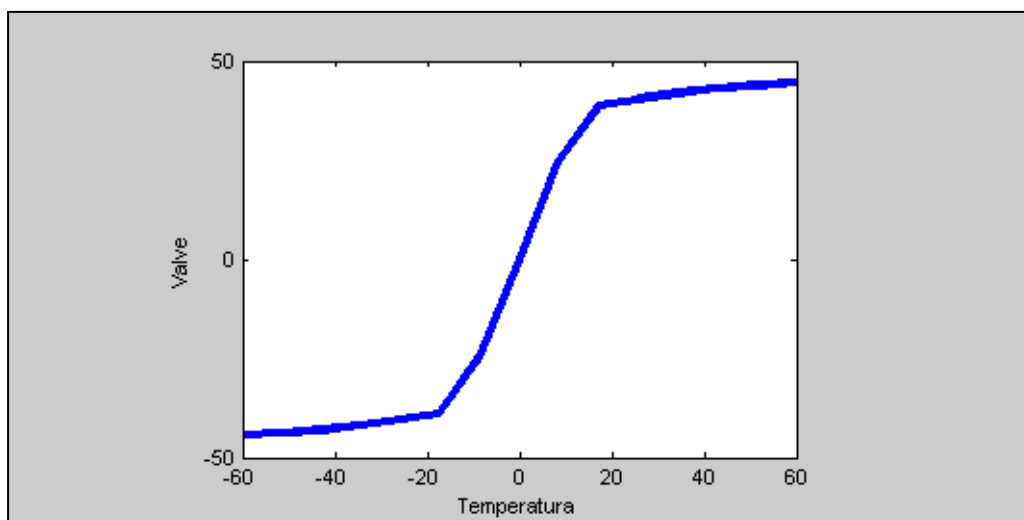


Рис.3.30. Поверхня відгуку для нечіткого регулятора (3 правила).

Ми отримуємо подібну з вищевикладеними залежність, оскільки закон керування регулятора подібний з пропорційним.

Тепер побудуємо вдосконалений нечіткий регулятор уже на основі п'яти правил такого вигляду:

If (temperature is low) then (valve is open less)

If (temperature is normal) then (valve is no ze)

If (temperature is high) then (valve is close more)

If (temperature is normal) and (rate is pos), then (valve is p)

If (temperature is normal) and (rate is neg), then (valve is n)

Тут ми до минулих трьох додаємо ще два правила, які враховують знак похідної, щоб на «нормальному» рівні плавно відслідковувати тенденції зміни

рівня рідини. Така заміна дає невеликий вигреш у часі моделювання, що можна бачити на нижче наведених графіках. Тепер нечіткий регулятор має дві вхідні змінні, одна залишається для рівня рідини, інша для знака похідної.

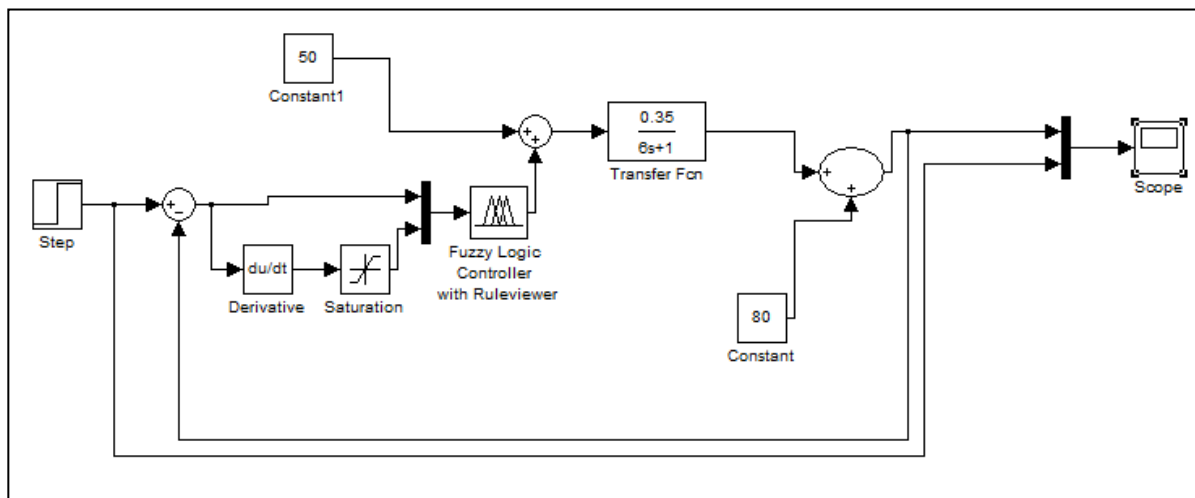


Рис.3.31. Схема ОУ з нечітким регулятором (5 правил).

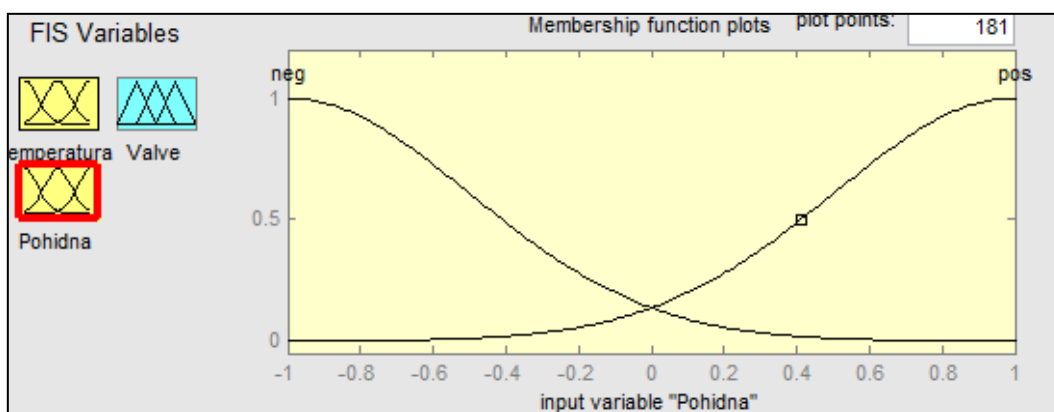


Рис.3.32. Функції належності для термів вхідної змінної Похідна

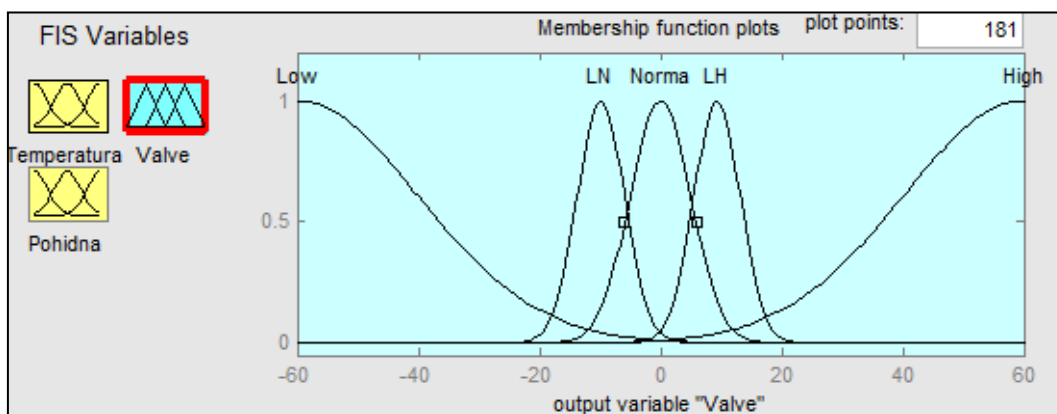


Рис.3.33. Функції приналежності для термів вихідної змінної Valve

Як ми можемо бачити, ми додаємо ще два функції для вихідної змінної, відповідні меншій швидкості відкривання (закривання) клапана. Функції належності для вхідної змінної кислотності в апараті були істотно змінені порівняно з аналогічними в регуляторі для 3 правил.

Відповідним підбором типів і форм функцій належності вдалося домогтися як нормальної якості процесів без значного перерегулювання, так і прийнятної точності.

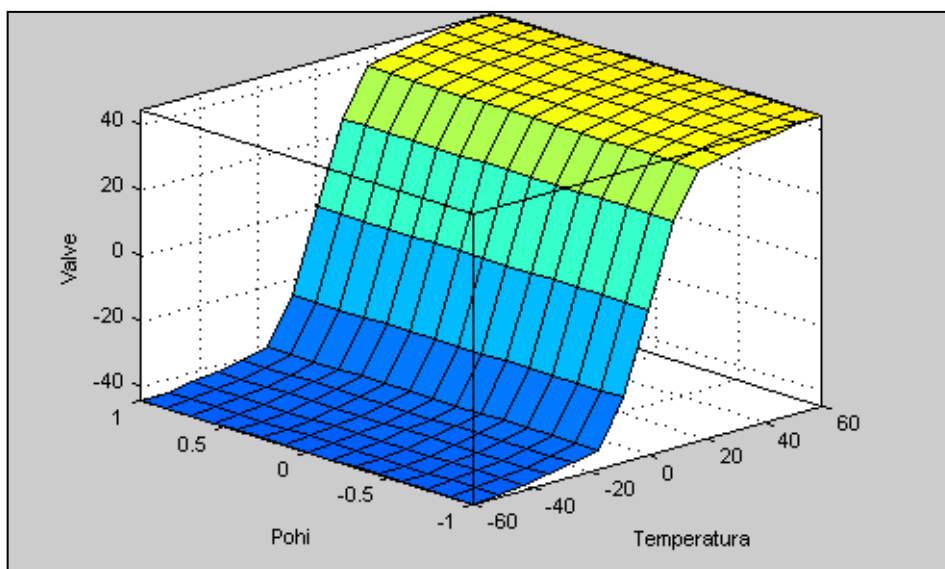


Рис.3.34. Поверхня відгуку для нечіткого регулятора (5 правил).

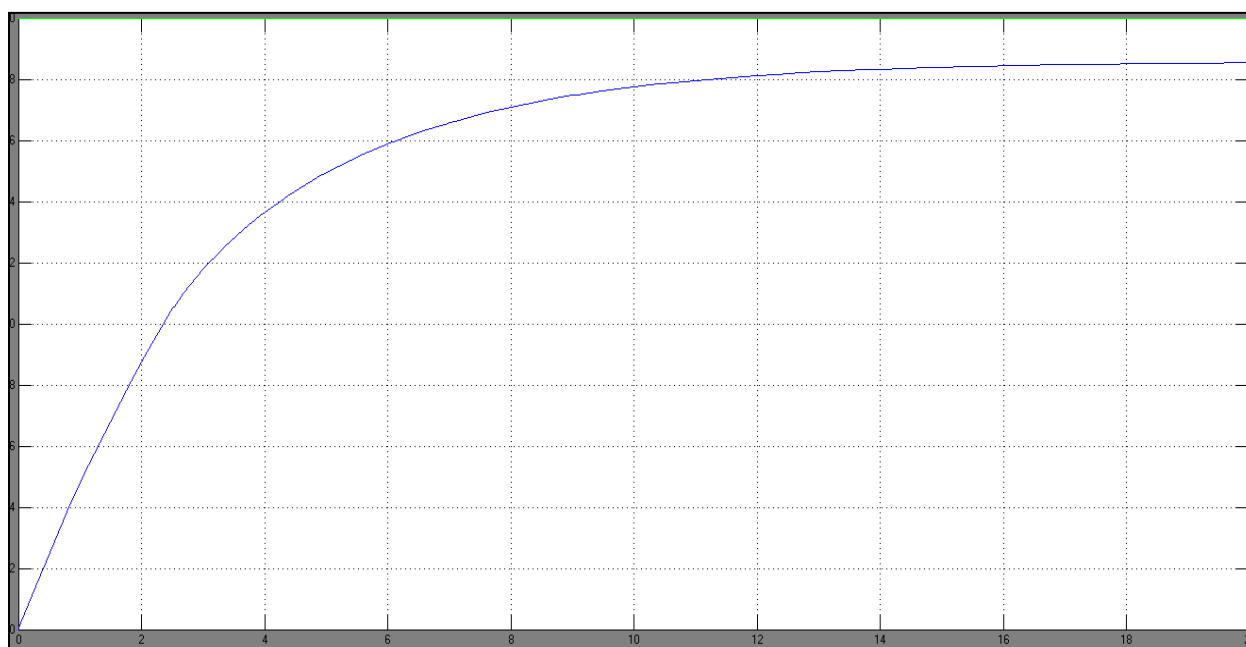


Рис.3.35. Графік зміни кислотності в апараті

## Висновок

В кваліфікаційній роботі було створено нечітку систему логічного висновку для управління процесом 1 сатурації на цукровому заводі. Основні етапи побудови систем інтелектуального управління на основі нечіткої логіки. З аналізу процесу було визначено 4 входи та 2 виходи процесу.

Функція належності являє собою імовірнісну оцінку, що показує наближене відтворення числового діапазону до лінгвістичного поняття. Для вхідних параметрів використовувалися такі функції належності: «низька», «нижче норми», «норма», «вище норми», «»висока», а для вихідного: «низька», «нижче норми», «норма», «вище норми», «»висока». В роботі використано трапецевидну функцію належності і алгоритм Мамдані, приведення до чіткості приводиться центроїдним методом.

Визначено лінгвістичну апроксимацію параметрів, сформовані правила нечіткого висновку. Результат роботи відображено за допомогою графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку та поверхонь відгуку.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		94

## Список використаної літератури

1. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації / А.К.Бабіченко. – Харків.: НТУ «ХП», 2001. – 470 с.
2. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
3. Дейнеко Л. В. Розвиток харчової промисловості України в умовах ринкових перетворень / Л. В. Дейнеко. – К. : Знання, 1999. – 331 с
4. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.:Вид.-во "Ліра-К", 2011. - 552 с.
5. Трегуб В. Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації: Навч. посібник – К.: НМК ВО, 1990. – 80 с.
6. Основи проектування систем автоматизації з елементами САПР: Метод. вказівки до практичних занять для студ. напряму 0925 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: В.Г. Трегуб. – К.:НУХТ, 2008. – 67 с.
7. Основи проектування систем автоматизації з елементами САПР: Метод. вказівки до практичних занять для студ. напряму 0925 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: В.Г. Трегуб. – К.:НУХТ, 2008. – 67 с.
8. Проектування комп'ютерно-інтегрованих систем: Метод. вказівки до викон. курс. проекту для студ. спец. 7.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: О.М.Пупена К.: НУХТ, 2011. 45 с.
9. Людино-машинні інтерфейси: Метод. вказівки до виконан. курсової роботи для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: В.М. Кушков. – К.: НУХТ, 2010. – 15 с.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		95

10. Контролери та їх програмне забезпечення: Метод. вказівки до виконання курс. проекту для студ. спец. 6.092500 “Автоматизоване управління технологічними процесами” і “Комп’ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва” ден. та заоч. форм навчання /Уклад.: І.В. Ельперін, О.М. Пупена, М.Д. Місюра, С.М. Швед - К.: НУХТ, 2008.- 36 с.
11. Державний нормативний акт про охорону праці ДНАОП 1.8.10. - 1.13 – 97. “Правила безпеки при виробництві солоду, пива та безалкогольних напоїв”. К.: 1997.
12. Каталог Siemens <https://www.siemens.com/ua/uk.html>
13. Каталог Schneider Electric <https://www.se.com/ua/uk/>
14. Каталог Schneider Electric <https://schneider.kiev.ua/>
15. Каталог <https://vipa.com.ua/>
16. Глибовець М.М. Штучний інтелект [Текст]: Підручник/ М.М. Глибовець, О.В. Олецький. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.
17. Дубровін В.І. Методи оптимізації та їх застосування в задачах навчання нейронних мереж [Текст]: Навчальний посібник/ В.І. Дубровін, С.О. Субботін. —Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. —136 с.
18. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем [Текст]: навчальний посібник/ Ю.П. Зайченко. — К.: Слово, 2004. — 352 с.
19. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. напряму 0925 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ В.Д. Кишенько – К.:НУХТ, 2008. –133 с.
20. Куссуль Н.М. Інтелектуальні обчислення [Текст]: навч. посібник/ Н.М. Куссуль., А.Ю. Шелестов., А.М. Лавренюк. –К.: “Наукова думка”, 2006. — 186 с.
21. Литвин В. В. Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень [Текст]/ В. В. Литвин . — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. —240 с.
22. Ободан Н.І. Створення інтелектуальної системи [Текст]: навч. посібник / Н.І. Ободан, Н.А. Гук ; Дніпропетр. нац. ун-т. — Д., 2001. — 84 с.

24. Інтернет ресурс <http://www.yahoo.com>
25. Інтернет ресурс <http://intl-jb.asm.org>, Biotechnology and Applied
26. Інтернет ресурс <http://bab.portlandpress.com>)
27. Інтернет ресурс Державне підприємство "Український інститут промислової власності"  
(Укрпатент) <http://www.ukrpatent.org>,
28. Інтернет ресурс Державний департамент інтелектуальної власності  
<http://www.sdip.gov.ua>
29. S. Peresada, S. Kovbasa, V. Bovkunovich "Comparison study of the vector and voltage-frequency torque control in the electromechanical systems of the electrical transportation" // Proc. of the Kremenchug State University, 2009, no. 4, Vol. 1, p. 13 - 16.
30. Serre T., Wolf L., Poggio T. Object recognition with features inspired by visual cortex // Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, USA, 2005. V. 2. P. 994–1000.
31. Gujjar H.S., Siddappa M. Recognition and classification of different types of food grains and detection of foreign bodies using neural networks // International Journal of Computer Applications. 2014. P. 12–17.
- [19] Yao B., Khosla A., Fei-Fei L. Combining randomization and discrimination for fine-grained image categorization // Computer Vision and Pattern Recognition. 2011. P. 1577–1584. doi: 10.1109/CVPR.2011.5995368 118
32. Ciresan D., Meier U., Schmidhuber J. Multi-column deep neural networks for image classification // Computer Vision and Pattern Recognition. 2012. P. 3642–3649. doi: 10.1109/CVPR.2012.6248110
33. Korytkowski M., Rutkowski L., Scherer R. Fast image classification by boosting fuzzy classifiers // Information Sciences. 2016. V. 327. P. 175–182. doi: 10.1016/j.ins.2015.08.030
34. Xingha Y., Weifeng L., Dapeng T., Jun C. Canonical correlation analysis networks for two-view image recognition // Information Sciences. 2017. V. 385–386. P. 338–352. doi: 10.1016/j.ins.2017.01.011

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		97

35. Panda P., Ankit A., Wijesinghe P., Roy K. FALCON: feature driven selective classification for energy-efficient image recognition // IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. 2017. V. PP. N 99. P. 1–13. doi: 10.1109/tcad.2017.2681075
36. Stepinski T., Niesterowicz J., Stepinski J. Pattern-based regionalization of large geospatial datasets using complex object-based image analysis // Procedia Computer Science. 2015. V. 51. N 1. P. 2168–2177. doi: 10.1016/j.procs.2015.05.491
37. Romei A., Ruggeieri S. A multidisciplinary survey on discrimination analysis // Knowledge Engineering Review. 2014. V. 29. N 5. P. 585–638. doi: 10.1017/S0269888913000039
38. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Курс лекцій / В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2007.- 42 с.
39. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник./ О.М. Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк – К.: Вид-во "Ліра-К", 2011. – 552 с.
40. Методичні вказівки до проектування принципів схем мікропроцесорних систем автоматизації при виконанні курсового та дипломного проектів студентами спеціальності 21.03.05 денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.В. Г. Трегуб, І. В. Ельперін, А. О. Карнаух. – К.:УДУХТ, 1994. – 35с.
41. Методичні вказівки до проектування пунктів управління мікропроцесорних систем автоматизації у курсовому та дипломному проектуванні для студентів спеціальності 21.03.05 денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.В. Г. Трегуб. – К.: КТІХП, 1993. – 36 с.
42. Монтаж засобів вимірювань і автоматизації: Справ. / Под ред. А. С. Ключева. – 3-е изд., перераб. і доп. – М.: Енергоатомиздат, 1988. – 728 с.
43. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / Под ред. А. С. Ключева. – 2-е изд. перераб. і доп. – М.: Енергоатомиздат, 1990. – 464 с.
44. Проектування систем автоматизації. Програмне забезпечення ком-п'ютерно-інтегрованих технологій. Метод.вказівки до розробки програмного забезпечення

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		98

беззахисних пунктів управління у курсовому та дипломному проектуванні для студентів спец. 7.0925.01 та 7.0925.02 денної та заочної форм навчання / Уклад.: І.В.Ельперін, В.Г.Трегуб, А.П.Ладанюк, В.М.Кушков, В.В.Авдеєнко. – К.: УДУХТ, 1997. – 44 с.

45. Технічні засоби автоматизації хімічних виробництв: Справ. / В. С. Балакирев, Л. А. Барський, А. В. Бугров і др. – М.:Хімія, 1991. – 272 с.

46. Трегуб В . Г., Ладанюк А. П., Плужников Л. Н. Проектування, монтаж і експлуатація систем автоматизації в харчовій промисловості: Учебник для вузов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 352 с.

47. Трегуб В . Г., Ладанюк А. п. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації харчових виробництв. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 352 с.

48. Трегуб В . Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації: Навч. посібник – К.: НМК ВО, 1990. – 80 с.

49. Adair, J. (2003). Effective Motivation How to Get Extraordinary Results from Everyone. Pan Books Limited.

50. Back, K., & Back, K. (1999). Assertiveness at Work A Practical Guide to Handling Awkward Situations. McGraw-Hill Publishing.

51. Berne, E. (1985). Games People Play. Penguin UK.

Bloom, M. (2005). The Independent Guide to Bullying and Stress in the Workplace. First Law.

52. Bourne, M., & Bourne, P. (2003). Change Management in a Week. Hodder & Stoughton.

53. Brinkman, R., & Kirschner, R. (2002). Dealing with People you Can't Stand. McGraw Hill.

54. Browning, G. (2003). Grass Roots Management. Prentice Hall.

Buckingham, M., & Clifton, D. (2002). Now, Discover Your Strengths. Free Press.

55. Carnegie, D. (1990). How to Stop Worrying and Start Living. Vermilion.

Covey, S. (1999). The 7 Habits of Highly Effective People. Simon & Schuster.

56. Crother, C. (2004). Catch! A Fishmongers Guide to Greatness. Berrett-Koehler Publishers.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		99

57. Dann, J. (2007). Emotional intelligence. Hodder Education.

Dell, T. (1993). Motivating at Work - Empowering Employees to Give Their Best. Crisp Publications.

58. Doherty, N., & Guyler, M. (2008). The Essential Guide to Workplace Mediation & Conflict Resolution. Kogan Page Publishers.

59. Elkin, A. (1999). Stress Management for Dummies. Wiley Publishing.

Field, T. (1996). Bully in sight. Success Unlimited.

60. Glouberman, D. (2003). The Joy of Burnout. Hodder.

Goldacre, B. (2009). Bad Science. Harper Collins Publishers.

61. Goleman, D. (1996). Emotional intelligence; Why it can matter more than IQ. Bloomsbury Publishing.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		100