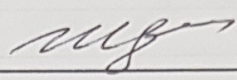


НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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"
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи
керування
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри 

АКТСТ Битерік Т.В.

"09" листопада 2020 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Острика Андрія Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації другої сатурації цукрового заводу з використанням інтелектуальних алгоритмів

Керівник роботи к.т.н.доц. Смітюх Ярослав Володимирович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від "09" листопада 2020 року
№ 933-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 09 лютого 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: технологічна схема другої сатурації, вимоги до розроблюваної інтелектуальної системи автоматизації.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- 1) Характеристика другої сатурації цукрового заводу як складного об'єкта керування;
- 2) Особливості об'єкта та розробка структури підсистеми підтримки прийняття рішень;
- 3) Реалізація підсистеми моніторингу та інтелектуальної

системи керування; 4) Розрахунок економічної ефективності; 5) Заходи з охорони праці; Висновки; Використана література.

5. Перелік графічного матеріалу

Блок-схема управління І сатурацією. Структура системи підтримки прийняття рішень. Технічна структура розроблювальної ІАСУВ.

6. Консультанти розділів роботи

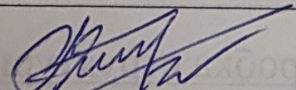
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 09 листопада 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

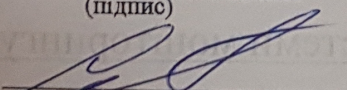
№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічного об'єкту.	2 тиждень	
2	Розробка структури системи .	3 тиждень	
3	Реалізація підсистеми моніторингу та інтелектуальної підсистеми	4 тиждень	
4	Розрахунок економічної ефективності.	5 тиждень	
5	Заходи охорони праці	8 тиждень	

Здобувач


(підпис)

Острик А.А
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Смітюх Я.В
(прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації апарату другої сагурації цукрового заводу.

Запропонований варіант системи автоматизації реалізований на мікропроцесорному комплекті ПЛК ОВЕН 154. Розробка системи автоматизації направлена на підвищення якості проведення процесу очищення дифузійного соку, що гарантує збільшення виходу кінцевого продукту (цукру-піску) за рахунок кращого осадження нецукрів. Основною метою розробки системи автоматизації даної технологічної установки є отримання додаткового прибутку підприємством.

В пояснювальній записці наведені: техніко-економічне обґрунтування проекту, основні технічні характеристики об'єкта автоматизації, опис системи автоматизації, розрахунок економічної ефективності проекту та заходи з охорони праці.

В графічній частині проекту наведені: схема автоматизації, креслення встановлення технічних засобів, принципові схеми регулювання, управління та сигналізації, алгоритм та програма для ПЛК, відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

Ключові слова: цукровий завод, дифузійний сік, підсистема підтримки прийняття рішень, SCADA, осадження нецукрів.

Summary

Qualification work is devoted to the development of the automation system of the second saturation of the sugar factory.

The proposed version of the automation system is implemented on a microprocessor kit PLC ARIES 154. The development of the automation system is aimed at improving the quality of the process of purification of diffusion juice, which guarantees increased yield of the final product (granulated sugar) due to better non-sugar deposition. The main purpose of developing a system of automation of this technological installation is to obtain additional profits by the enterprise.

The explanatory note contains: feasibility study of the project, the main technical characteristics of the automation object, a description of the automation system, calculation of the economic efficiency of the project and labor protection measures.

The graphic part of the project contains: the scheme of automation, drawings of installation of technical means, basic schemes of regulation, control and signaling, algorithm and program for PLC, video frames of display mnemonics of the operator.

Key words: sugar factory, diffusion juice, decision support subsystem, SCADA, non - sugar deposition.

1.МЕТА І ЗАВДАННЯ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Даний дипломний проект присвячений розробці системи автоматизації апарату другої сатурації цукрового заводу.

Повторну обробку дифузійного соку діоксидом вуглецю проводять для того, щоб перевести залишки вільних гідроксидів кальцію, калію та натрію у вуглекислі солі та вивести в осад кальцій, що пов'язаний з органічними кислотами і комплексами.

Фільтрований сік поступає в приймальний збірник соку 1-ї сатурації, куди додається вапняне молоко в кількості 0,1..0,5% СаО до маси буряку. Із збірника сік насосом подається в сатураційний котел, попередньо підігриваючись у пароконтактному підігрівачі. Для зниження вірогідності недосатурування або пересатурування соку та забезпечення стабільного зниження рН на до сатуратора підключений осьовий насос з кратністю рециркуляції 5 – 8.

Сік, відсатурований до оптимального рН самотіком виводиться у дозрівач, який являє собою прямокутну ємність, розділену перегородкою на перше та друге відділення. Витримування соку 2-ї сатурації на протязі 10 – 15 хвилин у дозрівачі при інтенсивному перемішуванні необхідне для зняття перенасичення солей кальцію у соці і зменшення таким чином утворення накипу у випарній установці. Перемішування соку у дозрівачі здійснюється осьовим насосом з кратністю рециркуляції 3 – 6, який забирає сік із другого відділення і нагнітає у перше відділення через трубу Вентурі. В трубі Вентурі сік одразу змішується із свіжим соком, який поступає із сатуратора.

Із збірника-дозрівача сік самотіком поступає в буферний збірник другої сатурації, звідки насосом подається на фільтрацію.

Оскільки на підприємстві, яке розглядається у дипломному проекті для подачі сатураційного газу використовують поршневу машину, тому на колекторі сатураційного газу обов'язково повинен бути встановлений механічний запобіжний клапан скидання газу в атмосферу.

Основні розрахункові дані продуктів апарату другої сатурації занесені у таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 Розрахункові дані продуктів

№ п/п	Назва параметра	Символ	Розмірність	Значення
1	2	3	4	5
1	Витрати соку, що входить в сатуратор	Gg. с.вх	кг/с	98,3
2	Витрати соку, що виходить з сатуратора	Gg. с.вих	кг/с	98,1
3	Витрати сатураційного газу	G2	кг/с	1,74
4	Концентрація СаО в соці на вході в сатуратор	Свх	кг/м3	0,009
5	Концентрація СаО в соці на виході з сатуратора	Сви х	кг/м3	0,000 9
6	Концентрація СО2 в сатураційному газі	С2	кг/м3	0,35
7	Густина соку в сатураторі	ρ	кг/м3	1090
8	Радіус корпусу сатуратора	R	м	1,6
9	Висота рівня в сатураторі	H	м	4,0

Продовження таблиці 1.1.1

1	2	3	4	5	
0	1	Висота конуса сатуратора	h	м	1,5
1	1	Коефіцієнт, який вказує кількість луку, нейтралізовано 1кг CO ₂	α		1,86
2	1	Коефіцієнт використання сатураційного газу	η		0,65

Сучасний стан харчової промисловості характеризується інтенсивним розвитком систем автоматизації.

Автоматизація технологічних процесів являється важливим засобом підвищення продуктивності праці, скорочення витрат матеріалів та енергії, покращення якості продукції, введення прогресивних методів управління виробництвом і підвищення надійності роботи.

Під автоматизацією розуміють проведення тих чи інших операцій без участі людини або з обмеженою її участю.

Основні переваги автоматизації полягають у можливостях забезпечити:

- 1) зростання продуктивності та поліпшення умов праці;
- 2) виконання робіт у важкодоступних чи взагалі недоступних людині сферах;
- 3) підвищення точності та якості технологічних процесів і відповідних виробів.

Переважаючою тенденцією є впровадження комплексних автоматизованих ліній, що забезпечує автоматизацію усіх технологічних процесів і створення єдиної діючої

системи керування. Такі системи автоматизації найчастіше складаються у вигляді багатоступневих детермінованих структур, які послідовно здійснюють усі необхідні функції контролю і керування процесами.

Особливого значення набуває автоматизація технологічних процесів в цукровій промисловості. На сучасному етапі розвитку цукрового виробництва, заснованого на безперервності технологічного процесу з використанням основного безперервно діючого устаткування, є всі умови для комплексної і повної автоматизації.

Ріст продуктивності праці на цукрових заводах, розробка нової технології, спрямованої на поліпшення якості й підвищення ефективності виробництва, вимагають відновлення і вдосконалення систем керування на базі новітніх засобів вимірювання і автоматизації.

В основі теперішніх засобів автоматизації лежить використання мікропроцесорної техніки: інтелектуальних датчиків, пристроїв керування, функціональних блоків, засобів відображення інформації, операторських панелей і ін. Ринок засобів автоматизації пропонує широкий спектр технічних і програмних засобів для побудови надійних і зручних в експлуатації систем. Фахівцям підприємств часом важко правильно зорієнтуватися серед безлічі мікропроцесорних контролерів, промислових комп'ютерів, пакетів програмного забезпечення, щоб вибрати оптимальне по продуктивності устаткування й зберегти при цьому одного постачальника технічних засобів та єдине середовище розробки програмного забезпечення.

Основною метою даного проекту є розробка системи автоматизації апарату другої сатурації цукрового заводу.

Кінцевим результатом розробленої системи автоматизації на підприємстві повинна бути економія, що проявляється у вигляді збільшення випуску продукції і поліпшення її якості, зменшення затрат праці, матеріалів та енергії, тому здійснення будь-якого заходу, пов'язаного з впровадженням чи модернізацією системи автоматизації з самого початку повинно орієнтуватися на прибуток підприємства, як результат позитивних наслідків автоматизації. При об'єктивній оцінці будь-якого заходу, пов'язаного з впровадженням нової системи автоматизації чи модернізацією існуючої, повинна оцінюватись не тільки економія, але й додаткові затрати на її здійснення. Крім капітальних затрат на автоматизацію виробництва суттєво збільшуються і поточні затрати, так як складні сучасні системи автоматизації для

нормального функціонування потребують наявності висококваліфікованого обслуговуючого персоналу, проведення профілактичних заходів, тощо.

Розробка системи автоматизації апарату другої сатурації цукрового заводу передбачає комплексну автоматизацію основного обладнання. Визначення економічної ефективності від вдосконалення системи автоматизації враховує витрати на проектування, закупку обладнання, монтаж, налагоджування, пуск та експлуатацію засобів автоматизації.

В розрахунок економічної ефективності включають:

1) збільшення строку служби обладнання за рахунок виконання вимог технології;

2) впровадження єдиного пункту управління, що дає можливість оператору швидко вплинути на небажані відхилення в технологічному процесі.

В розробленій системі автоматизації впроваджений мікропроцесорний комплект ОВЕН ПЛК 154, який програмно контролює і регулює всі параметри технологічного процесу очищення дифузійного соку.

Впровадження у даному дипломному проекті системи автоматизації забезпечить:

- підвищення виходу готового продукту (цукру-піску) на 0,021% до маси переробленого буряку за рахунок кращого видалення вапняного молока із розчину в процесі 2-ї сатурації, що досягається більш точним дозуванням сатураційного газу в залежності від величини рН соку, який поступає у сатураційний котел;

- економію пари на підігрів соку у пароконтактному підігрівачі на 0,2% (2,5% до маси буряку);

- звільнення одного оператора 3 розряду з тарифною ставкою 9,62 грн за рахунок повного програмного керування процесом 2-ї сатурації дифузійного соку, що виключає постійну присутність оператора біля місцевого пульта (після впровадження системи пульт по місцю демонтується).

2.ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ НАД КВАЛІФІКАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ

Основним обладнанням на станції дефекосатурації цукрового заводу є преддефекатор, холодний дефекатор №1, №2, гарячий дефекатор, апарати 1 та 2 сатурації, підігрівачі та збірники.

З дифузійного відділення сік насосом подається в преддефекатор змішується з вапняковим молоком і соком 1 сатурації (30-100% до маси буряку) або його згущеної суспензії (10-20% до маси буряку), що забезпечує поступове збільшення рН розчину до оптимального значення.

Для подальшої обробки сік надходить в апарат дефекації де до соку додають 1,8-2,5 % вапна у вигляді вапнякового молока. Тривалість процесу 10-15 хв.

Після холодної дефекації сік нагрівається до температури (85-90)°C в підігрівачі і надходить в апарат гарячої дефекації. а виході з дефекатора в сік додають вапнякове молоко в кількості (0.5-0.7)% до маси буряку для підвищення фільтрувальних властивостей соку I сатурації. Після дефекації сік надходить на 1 сатурацію основною задачею якої являється підтримання заданого складу соку шляхом зміни подачі сатураційного газу в апарат. Процес триває 10 хв. до величини рН 10.8-11.2 од.

Після 1 сатурації циркуляційним насосом подається в апарат 2 сатурації. Завдання 2 сатурації – зниження лужності соку і вмісту солей кальцію. Процес триває 20 хв. рН 9.2-9.7. При переробці пошкодженої сировини перед 2 сатурацією прч оводять повторну дефекацію для чого фільтрований сік 1 сатурації підігрівачі до температури 90-96 С і подають в нижню частину дефекатора, витримують 2-5 хв і направляють в сатуратор

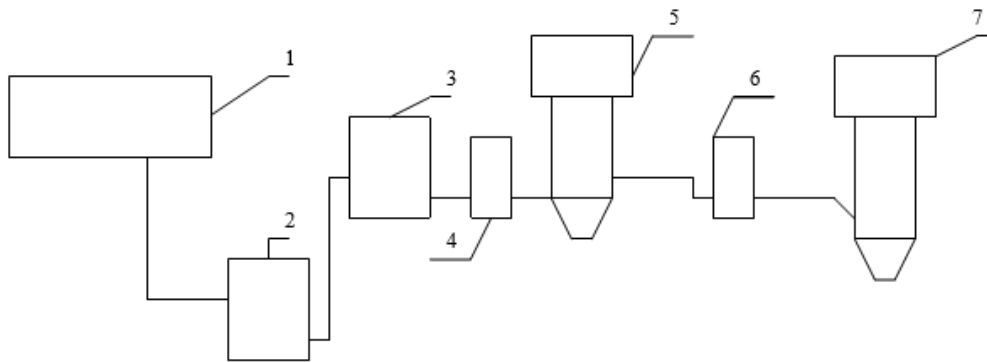


Рис.2.1 Машино-апаратна схема станції дефекосатурації

1.Апарат попередньої дефекації

2.Холодний дефекатор №1

3.Холодний дефекатор №2

4.Підігрівач

5.Апарат I сатурації

6.Підігрівач

7.Апарат II сатурації

2.1. Основні розрахункові дані продуктів, обладнання та комунікацій

Станція дефекосатурації забезпечує очистку соку згідно технологічних вимог з мінімальними втратами і в значній мірі задає подальший хід процесу і показники роботи в цілому. Досягнення високих техніко-економічних показників роботи відділення забезпечується дотриманням наступного технологічного регламенту:

- густина вапнякового молока	1,17-1,19кг/м ³
- рН преддефекатора	10,2-11,6 од. рН
- рН I сатурації	10,8...11,2 од. рН
- рН II сатурації	8,6...9,2 од. рН
- вміст CO ₂ в сатураційному газі	28-32%
- температура дефекованого соку	85-87 °С
- температура нефільтрованого соку I сатурації	85-90 °С
- температура фільтрованого соку	87-92 °С

Завданням автоматизації попередньої дефекації є подача вапнякового молока або соку основної дефекації в котел попередньої дефекації по витраті дифузійного соку. В зв'язку з тим що дана схема має ряд недоліків використовують наступну схему: подача вапнякового молока здійснюється пропорційно витраті дифузійного соку з корекцією цього співвідношення по величині рН соку на виході з преддефекатора.

Завдяки цьому на величину рН впливає лиш зміна складу дифузійного соку та густини вапнякового молока. При автоматизації основної дефекації враховується, що подача вапна в апарат проводиться по кількості дифузійного соку, що подається на очистку, при цьому враховується основна вимога дефекації, що виражається рівнянням:

$$m_{\text{вап}} = a m_{\text{б}} / 100,$$

де $m_{\text{свап}}$ - масова витрата вапна, що подається на дефекацію, т/г;

m_b , - масова витрата буряку на переробку, т/г;

a – витрата вапна на дефекацію, % до маси буряку.

Маса переробленого буряку виражається через витрату дифузійного соку за рівнянням:

$$m_b = 100 \rho_{д.с} V_{д.с} / \alpha .$$

де $V_{д.с}$ – витрата дифузійного соку, м³/год;

$\rho_{д.с}$ – густина дифузійного соку, т/м³;

α – витрата дифузійного соку, % до маси буряку.

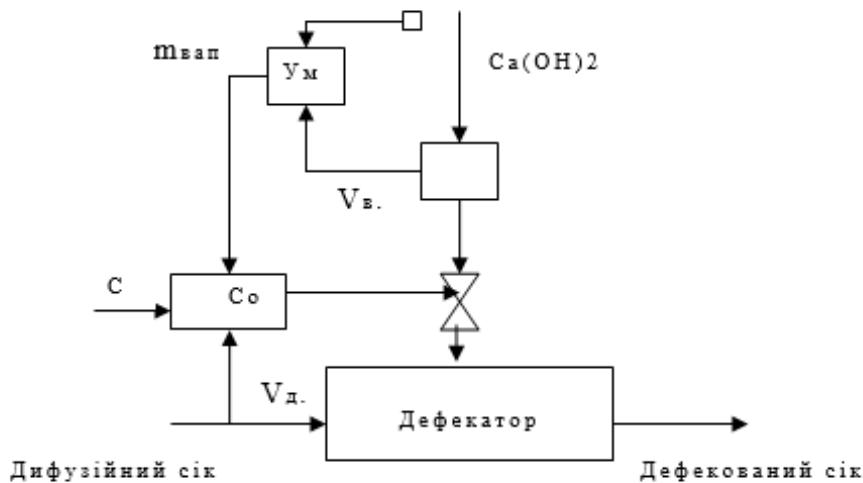


Рис. 2.2 Блок-схема управління основною дефекацією.

Подача вапнякового молока на основну дефекацію здійснюється двома видами пристроїв:

- сумісного вимірювання і регулювання-дозаторам;
- роздільного вимірювання і регулювання.

З урахуванням існуючих приладів та пристроїв система управління дозуванням вапна вирішується на базі основного рівняння:

$$\Delta\rho V_{и.м} = C V_{д.с}$$

де

$\Delta\rho = \rho_{в.п} - \rho_{в}$ відносна густина вапнякового молока, т/м³;

$V_{д.с}$ - витрата дифузійного соку м³/год;

C - коректуючий коефіцієнт що задається з урахуванням складу буряку, якості роботи дифузійного апарату і густини соку т/м³;

Автоматизованою системою дозування вапнякового молока (рис 2.2) передбачується підтримання відношення "дифузійний сік-вапно" шляхом впливу на витрату молока регулюючим органом. Масова витрата вапна $m_{вап}$ при цьому

визначається як добуток об'ємної витрати вапнякового молока $V_{в.п}$ і його густини $\rho_{в.п}$, що знайдене за допомогою рахункового пристрою $Ум$, вихідний сигнал якого подається на регулятор співвідношення $Со$, де співвідноситься з об'ємною витратою дифузійного соку $V_{д.с}$. Коректуючий сигнал $С$ подається на регулятор і змінюється в ручну оператором за допомогою задатчика або автоматичним пристроєм.

Метою I сатурації являється підтримання заданого складу соку (якість процесу) і властивостей осаду (продуктивність процесу) шляхом зміни кількості газу (близько 5% до маси буряку) що подається в апарат.

Більша частина пристроїв для управління процесом сатурації ґрунтується на визначенні рН соку на виході із апарату. На рН соку I сатурації впливають витрата і лужність дефектованого соку, витрата газу і вміст CO_2 в ньому, тиску газу в колекторі, температури соку. Найбільшого розповсюдження отримали схеми управління по відхиленню величини рН сатураційного соку. При такому рішенні всі зміни реагента враховуються по кінцевій величині – рН соку, що приводить до великих запізнь його значення. Якість підтримання процесу з точністю $\pm 0,1рН$ досягається шляхом правильного вибору закону регулювання для регулятора P і ретельної наладки засобів автоматизації з урахуванням особливостей процесу I сатурації.

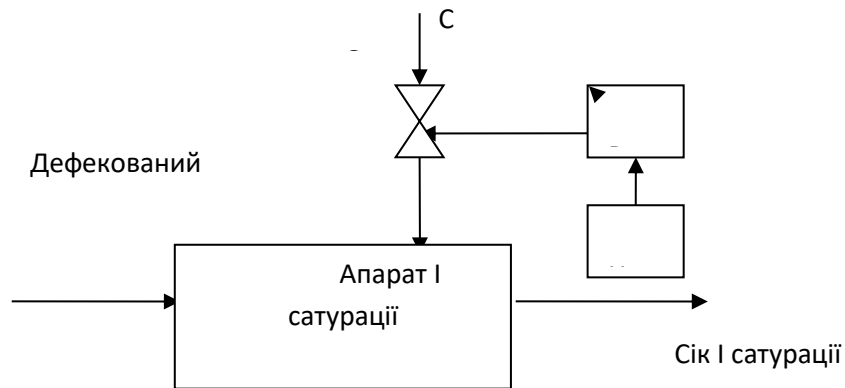


Рис 2.3 Блок-схема управління I сатурацією

Управління II сатурацією по величині рН аналогічна управлінню сатурацією, крім того на II сатурацію передбачається подача вапнякового молока в кількості 0,25% до маси буряку.

Розповсюджена схема управління II сатурацією (рис 2.4) передбачає

стабілізацію величини рН шляхом зміни подачі газу в апарат за допомогою регулюючого органу, що забезпечує достатню точність за рахунок правильного вибору закону регулювання для регулятора Р і рН-метра при ретельній наладці системи.

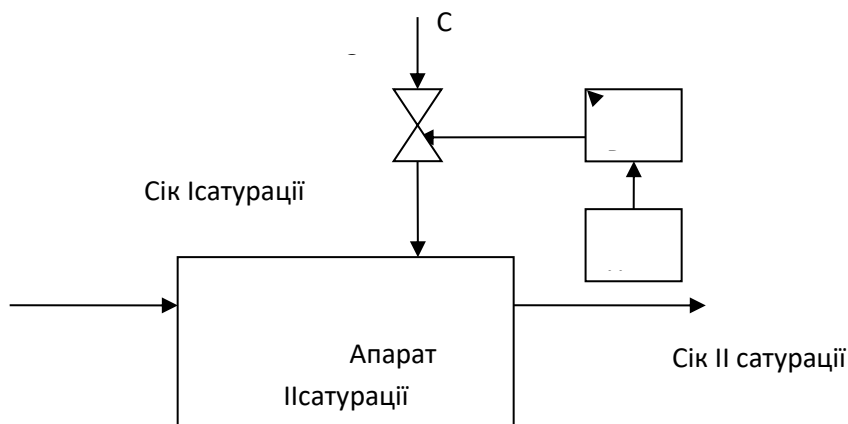


Рис 2.4 Блок-схема управління II сатурацією

Технічні характеристики обладнання.

Апарат попередньої дефекації типу-ППД-3 (1)

Продуктивність 3000 т/доб.

Розрахункова температура соку 70 °С.

Робоча ємність 48 м3

Повна ємність 58м3

Число секцій 6

Частота обертів вала 6 об/хв.

Потужність приводу 10 кВт.

Габаритні розміри:

Довжина 9000 мм,

Ширина 2000 мм,

Висота 3900 мм,

Маса 10000 кг.

Апарат основної дефекації типу ОД-3,0 (2)

Продуктивність 3000 т/год.

Робоча ємність 27,4 м³.

Повна ємність 41,9 м³.

Частота обертання мішалки 60 об/хв

Потужність приводу 15 кВт.

Габаритні розміри:

Загальна висота 7230 мм,

Висота циліндричної частини 4000 мм,

Діаметр корпусу 3400 мм.

Маса 8200 кг.

Апарат І сатурації типу ПС-3,0 (5)

Продуктивність 3000 т/год.

Робоча ємність 29,5 м³

Повна ємність 88 м³

Коефіцієнт утилізації вуглекислого газу 0,6

Розрахункова температура соку всередині апарата 85 С.

Габаритні розміри:

Загальна висота 12040 мм,

Діаметр нижньої частини корпусу 2400 мм.

Діаметр верхньої частини корпусу 3000 мм.

Маса 4720 кг.

Апарат II сатурації типу ПС-3,0 (5)

Продуктивність по буряку 3000 т/год.

Коефіцієнт утилізації вуглекислого газу 0,5

Розрахункова температура соку всередині апарата 95 С

Робоча ємність 24 м³

Повна ємність 63м³

Габаритні розміри:

Загальна висота 10240мм,

Висота циліндричної частини 7470мм,

Діаметр корпусу 3200 мм,

Маса 4274 кг.

Підігрівач ПДС-60 (6)

Площа поверхні теплообміну 100 м²

Внутрішній діаметр корпусу 1140мм

Діаметр парового штуцера 250мм

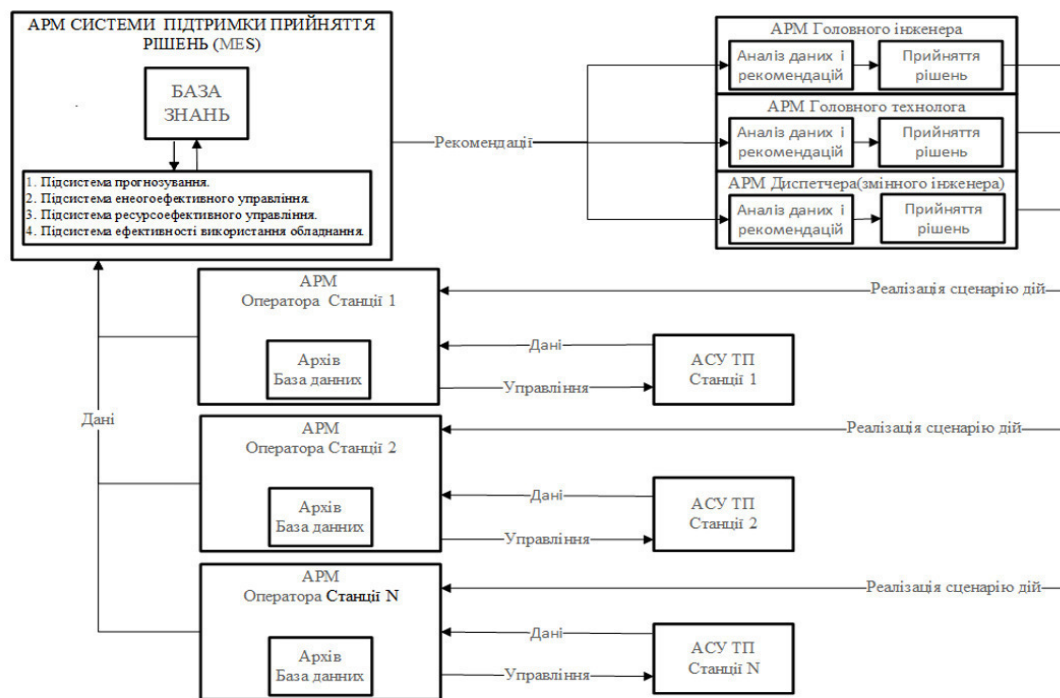
Діаметр сокового штуцера 200мм

Висота 4770мм

Кількість труб в одній секції 29

Маса 5100 кг.

Використання традиційних методів багатокритеріальної оптимізації для прийняття рішень по управлінню електротехнологічними комплексами харчових виробництв неможливе, в зв'язку з необхідністю обробки та аналізу великих обсягів погано структурованої інформації. Завдяки створенню систем підтримки прийняття рішень, можливо отримати ефективні методи аналізу та прогнозування в області складних електротехнологічних процесів, що характеризуються великими обсягами інформації, яка погано формалізується процедурами логічного висновку для прийняття рішень. Для ефективного функціонування розроблюваної системи необхідно в повному обсязі реалізувати автоматизовані робочі місця всіх спеціалістів підприємства.



2.5 Структура системи підтримки прийняття рішень.

Для ефективного функціонування розроблюваної системи необхідно в повному обсязі реалізувати автоматизовані робочі місця всіх спеціалістів підприємства. Розроблена система прогнозування нештатних ситуацій та підтримки прийняття рішень буде працювати тільки в режимі порадирика-консультанта, не виконуючи ніяких дій, при цьому диспетчер може повністю ігнорувати повідомлення системи і діяти самостійно, але рекомендації СППР здатні істотно підвищити якість прийятних рішень.

Об'єкт не відноситься до класу вибухонебезпечних. Середовище функціонування кислотне та лужне. Зовнішнє середовище вологе. Виконання всіх технічних засобів встановлених по місцю повинно бути не менше IP65.

Перелік підсистем, їх призначення та основні характеристики, вимоги до кількості рівнів ієрархії та степені централізації системи. Технічна структура розроблювальної ІАСУВ наведена на рис.2.6

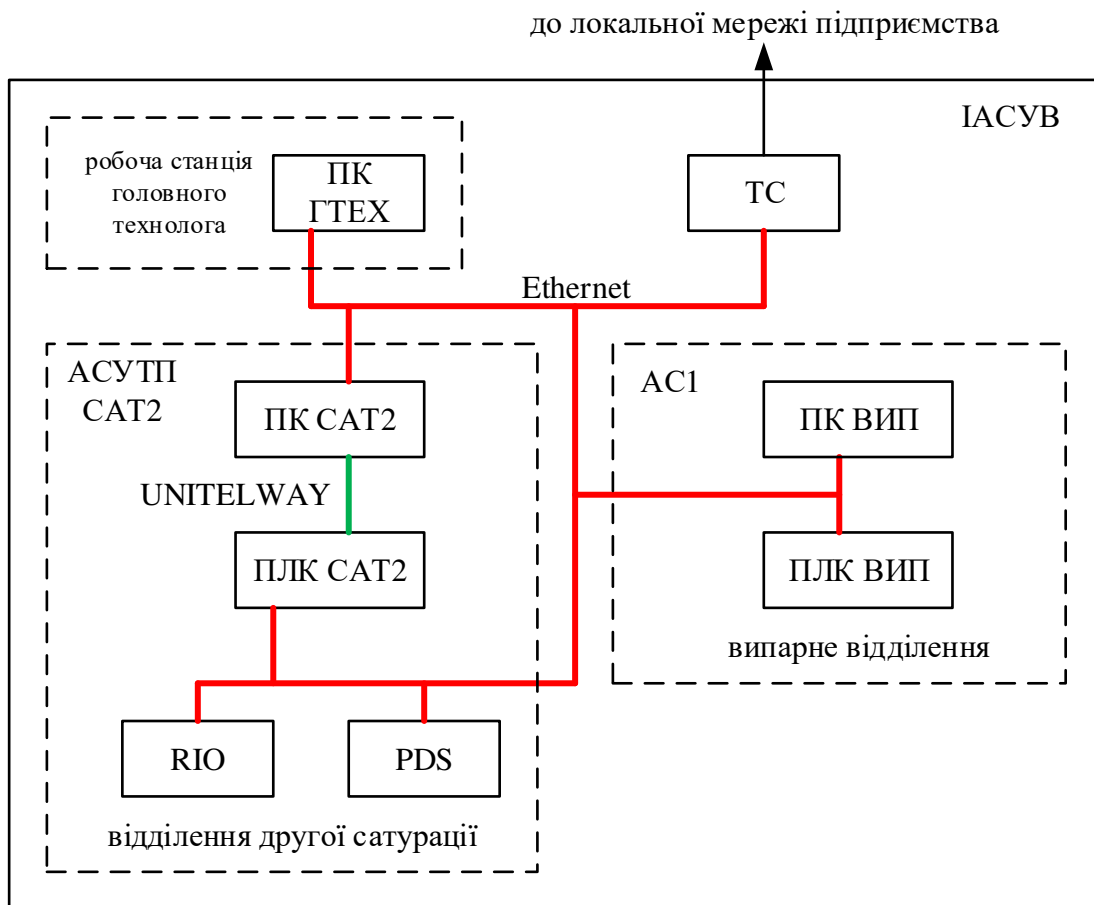


Рис.2.6 Технічна структура розроблювальної ІАСУВ.

ІАСУВ повинна мати дворівневу структуру: рівень технологічного процесу та рівень виробництва. На рівні технологічного процесу (ТП) в систему повинно входити дві підсистеми:

- автоматизована система управління відділенням другої сатурації (АСУТП САТ2);

- автоматизована система управління випарною станцією (АС1).

Підсистема АС1 вже функціонує на виробництві, як повністю автономна, і після модернізації повинна бути включена в загальну структуру ІАСУВ.

Підсистема АСУТП САТ2, яка розробляється як складова ІАСУВ для управління технологічним процесом другої сатурації, повинна мати 3-рівневу структуру:

- рівень датчиків (датчики, перетворювачі частоти PDS, розподілені засоби вводу/виводу);

- рівень контролерів (ПЛК САТ2);

- рівень SCADA/HMI (ПК САТ2).

Рівень виробництва повинен включати робочу станцію головного технолога з ПК (ПК ГТЕХ) для контролю за основними виробничими параметрами та технологічний сервер (ТС) для ведення архіву по параметрам виробництва.

Вимоги до способів та засобів зв'язку для інформаційного обміну між компонентами системи.

Таблиця 2.1.

КОМПОНЕНТ СИСТЕМИ	КОМПОНЕНТ СИСТЕМИ	спосіб зв'язку	примітка
ІАСУВ			
всі підсистеми		телефон	

ТС	ПК ГТЕХ ПК CAT2 ПК ВИП	Ethernet(100Base TX), SQL	ПК ТС – SQL сервер
ПК ГТЕХ	ПК CAT2	Ethernet(100Base TX)	ПК CAT2 сервер
АСУТП CAT2			
ПК CAT2	ПЛК CAT2	UNITELWAY	
ПЛК CAT2	ПЛК ВИП	Modbus TCP/IP	
ПЛК CAT2	РІО, PDS	Modbus TCP/IP	
АС1 (функціонує на підприємстві)			
ПК ВИП	ПЛК ВИП	Modbus TCP/IP	В новій системі повинно залишитись без змін

4.2. Вимоги до функцій та задач системи.

4.2.1. Вимоги до функцій та задач (комплексу задач) ІАСУВ.

Перелік функцій/задач ІАСУВ.

Таблиця 2.2.

№	Назва функції/задачі (комплексу)	Підсистема або ТЗА системи, де виконується функція/задача
1	Диспетчерський контроль та управління основними технологічними параметрами виробництва	ПК САТ2 – контроль та управління ПК ГТЕХ - тільки контроль
2	Централізоване ведення архіву основної технологічної інформації	ТС
3	Координації роботи АСУТП з суміжними відділеннями:	
	3.1. Задача координації регулювання витрати соку між відділенням та станцією	АСУТП САТ2, АС1

Перелік технологічних параметрів для функції диспетчерського контролю та управління основними технологічними параметрами виробництва .

Таблиця 2.3.

Технологічний параметр	Джерело ->приймач даних	Періодич -ність	Примітка
рН соку після сатуратора	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	
Якість сатураційного газу	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	
Тиск в трубопроводі сатураційного газу	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	
Тиск в трубопроводі пари	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	
Витрата пари	ПЛК CAT2 ->	60 с	

	ПК CAT2		
Витрата відфільтрованого соку I сатурації	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	
Витрата соку II сатурації	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	
Температура відфільтрованого соку I сатурації	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	
Рівень в збірнику 1	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	
Рівень в збірнику 2	ПЛК CAT2 -> ПК CAT2	60 с	

Для визначення власних значень об'єкта необхідно спочатку створити виконавчий *m*-файл в середовищі Matlab (редактор Editing and Debugging M-Files), ввести відповідні матриці **A**, **B**, **F**, **C**, перевірити їх правильне введення шляхом виведення у вікні Command Window та Workspace. Розрахунок власних значень виконується за допомогою вбудованої в Matlab функції *eig* від матриці об'єкта або системи.

Для побудови коренів замкненої системи можна скористатися функцією *pzmap*, вхідним параметром для якої є об'єкт в просторі змінних стану ss-типу, який задається за допомогою функції *ss* формату: `sys=ss(A_sys,F,C,D)`.

Для $T=10000$

```
>> A_sys10000=A-B*K10000

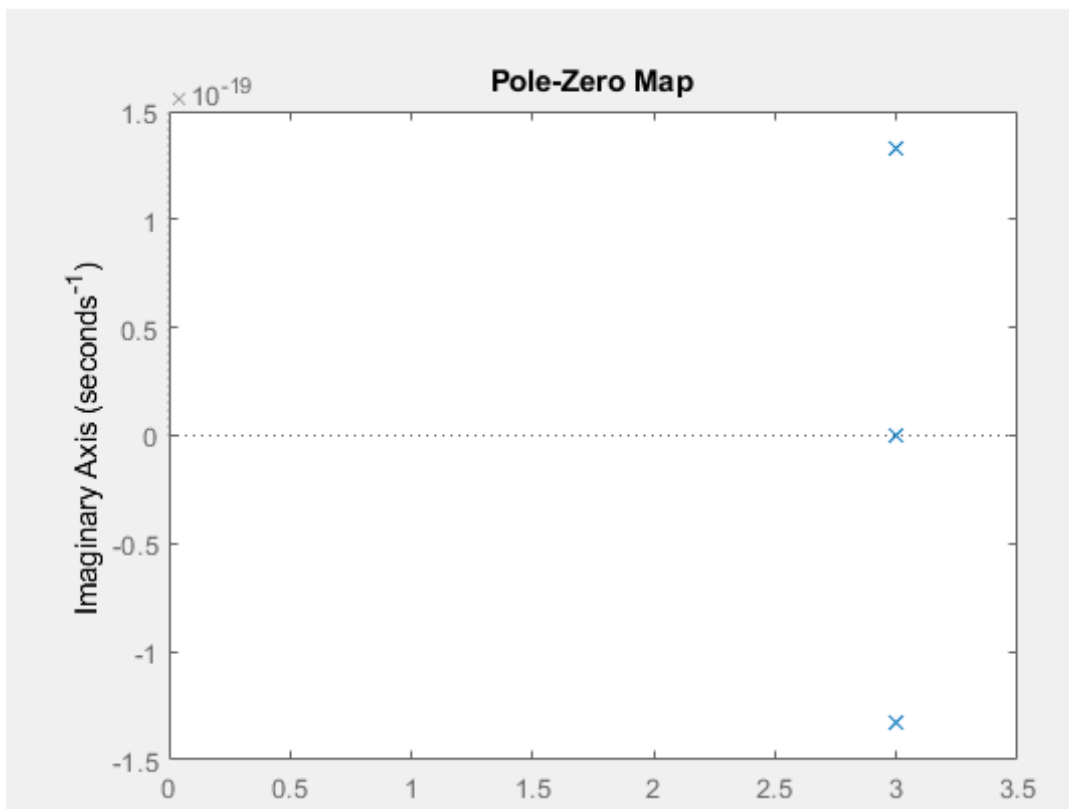
A_sys10000 =

    1.0e-03 *

    0.3000    -0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
    0.0000    0.3000   -0.0000   -0.0000   -0.0000
    0.0000    0.0000    0.3000   -0.0000   -0.0000
   -0.0000   -0.0000    0.0000    0.3000    0.0000
   -0.0000   -0.0000    0.0000    0.0000    0.3000

>> sys=ss(A_sys10000,[B F],c,zeros(5,11))

>> pzmap(sys)
```



Для $T=5000$

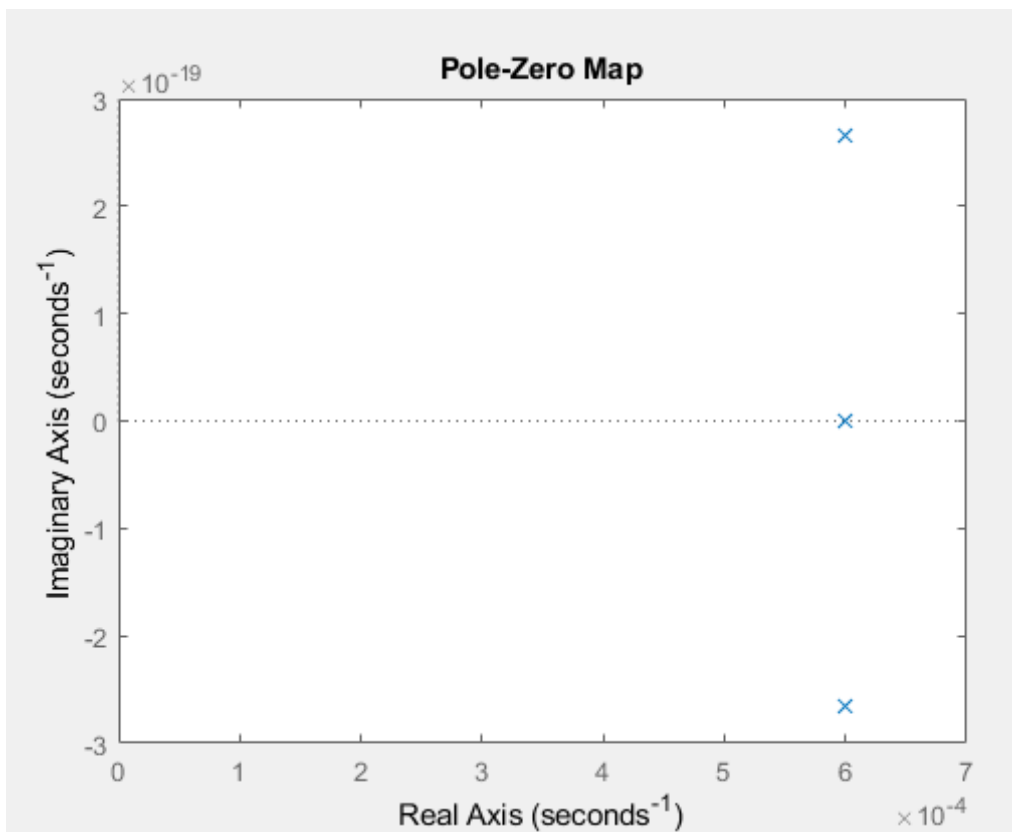
```
>> A_sys5000=A-B*K5000
```

```
A_sys5000 =
```

```
1.0e-03 *
    0.6000    -0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
    0.0000    0.6000   -0.0000   -0.0000   -0.0000
    0.0000    0.0000    0.6000   -0.0000   -0.0000
   -0.0000   -0.0000    0.0000    0.6000    0.0000
   -0.0000   -0.0000    0.0000    0.0000    0.6000
```

```
>> sys=ss(A_sys5000,[B F],c,zeros(5,11))
```

```
>> pzmap(sys)
```



Для $T=2000$

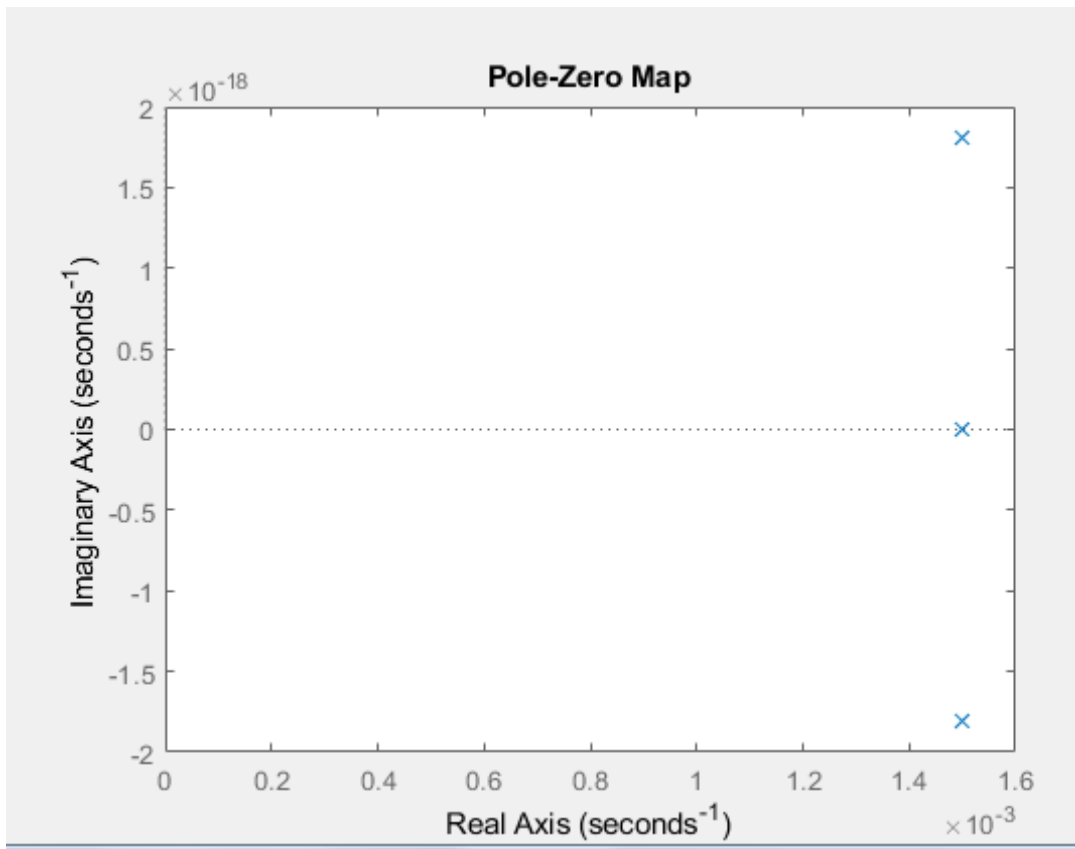
```
>> A_sys2000=A-B*K2000
```

```
A_sys2000 =
```

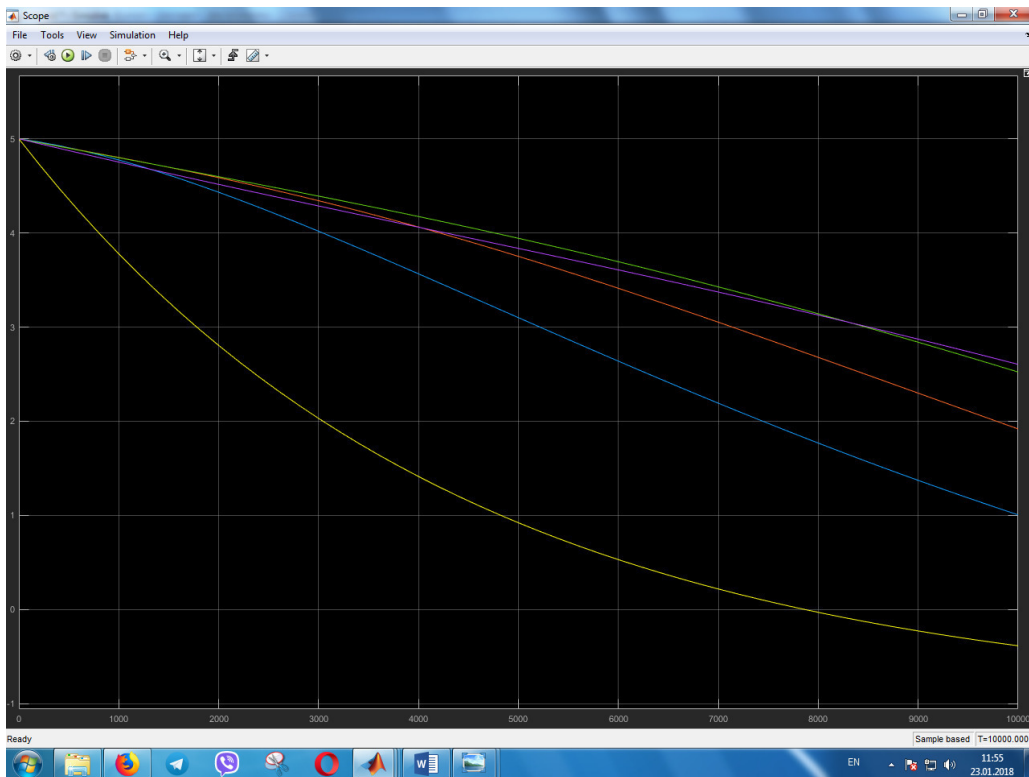
```
    0.0015   -0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
    0.0000    0.0015   -0.0000   -0.0000   -0.0000
    0.0000    0.0000    0.0015   -0.0000   -0.0000
   -0.0000   -0.0000    0.0000    0.0015    0.0000
   -0.0000   -0.0000    0.0000    0.0000    0.0015
```

```
>> sys=ss(A_sys2000,[B F],c,zeros(5,11))
```

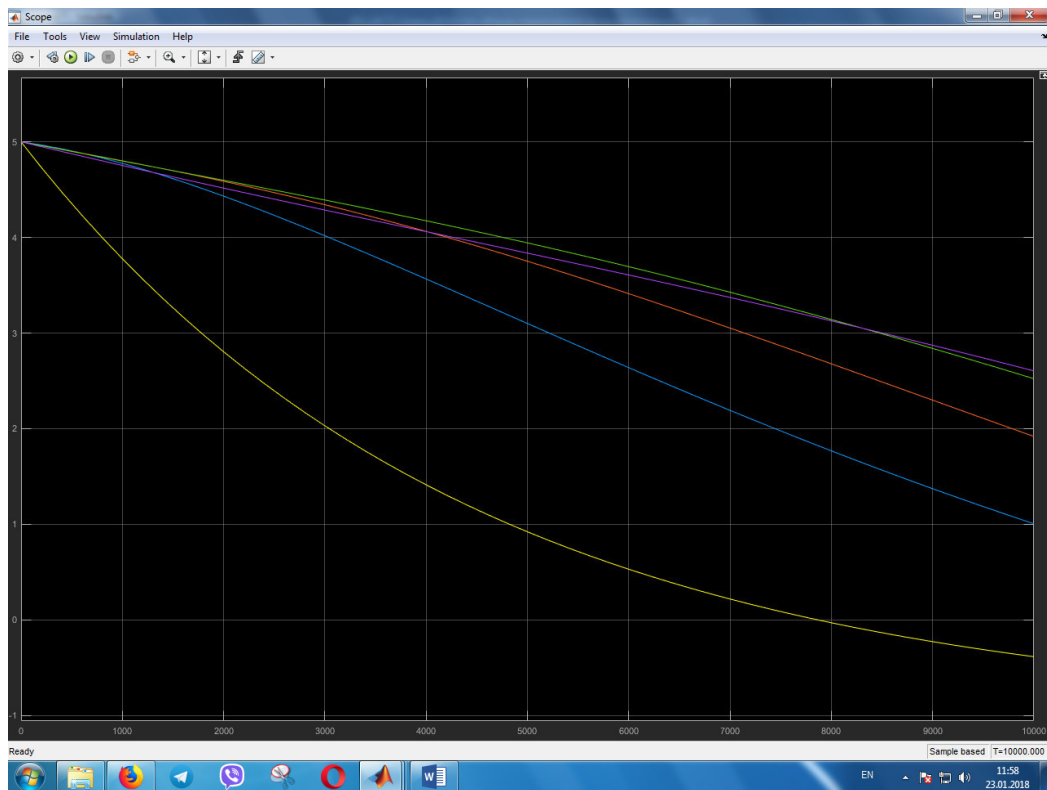
```
>> pzmap(sys)
```



Сигнал відносно початкових відхилень

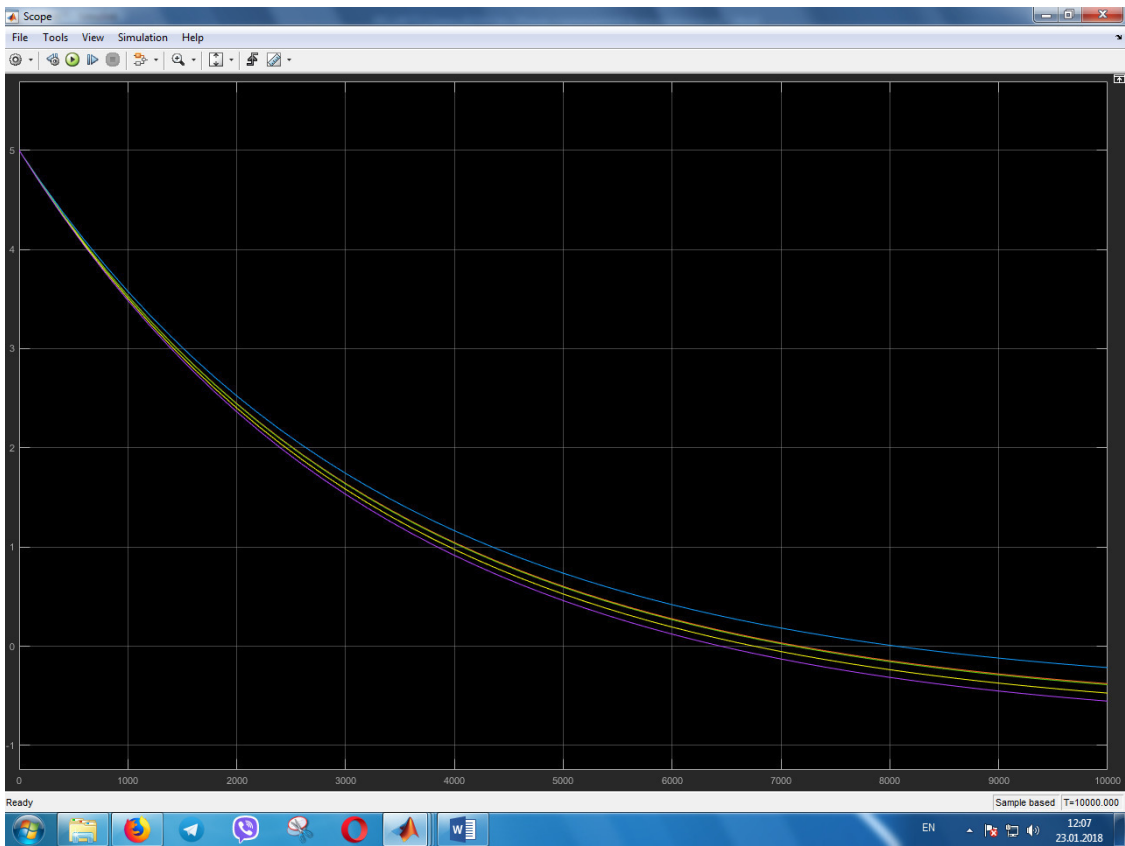


Сигнал відносно збурень



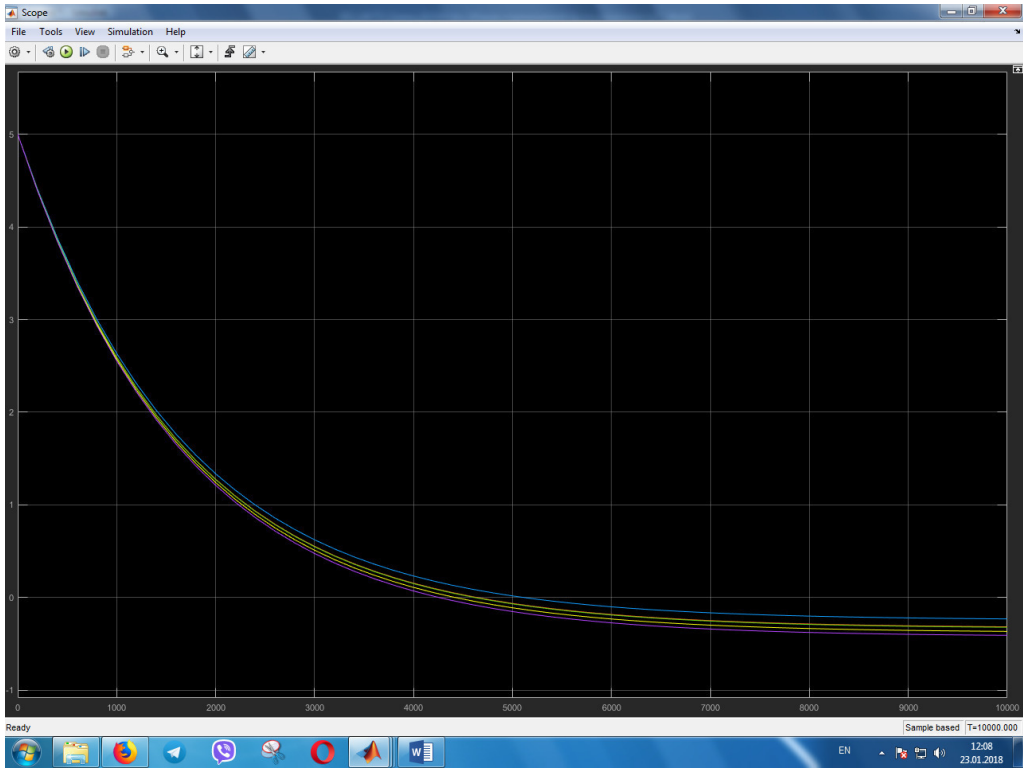
Сигнал керування

$K=10000$

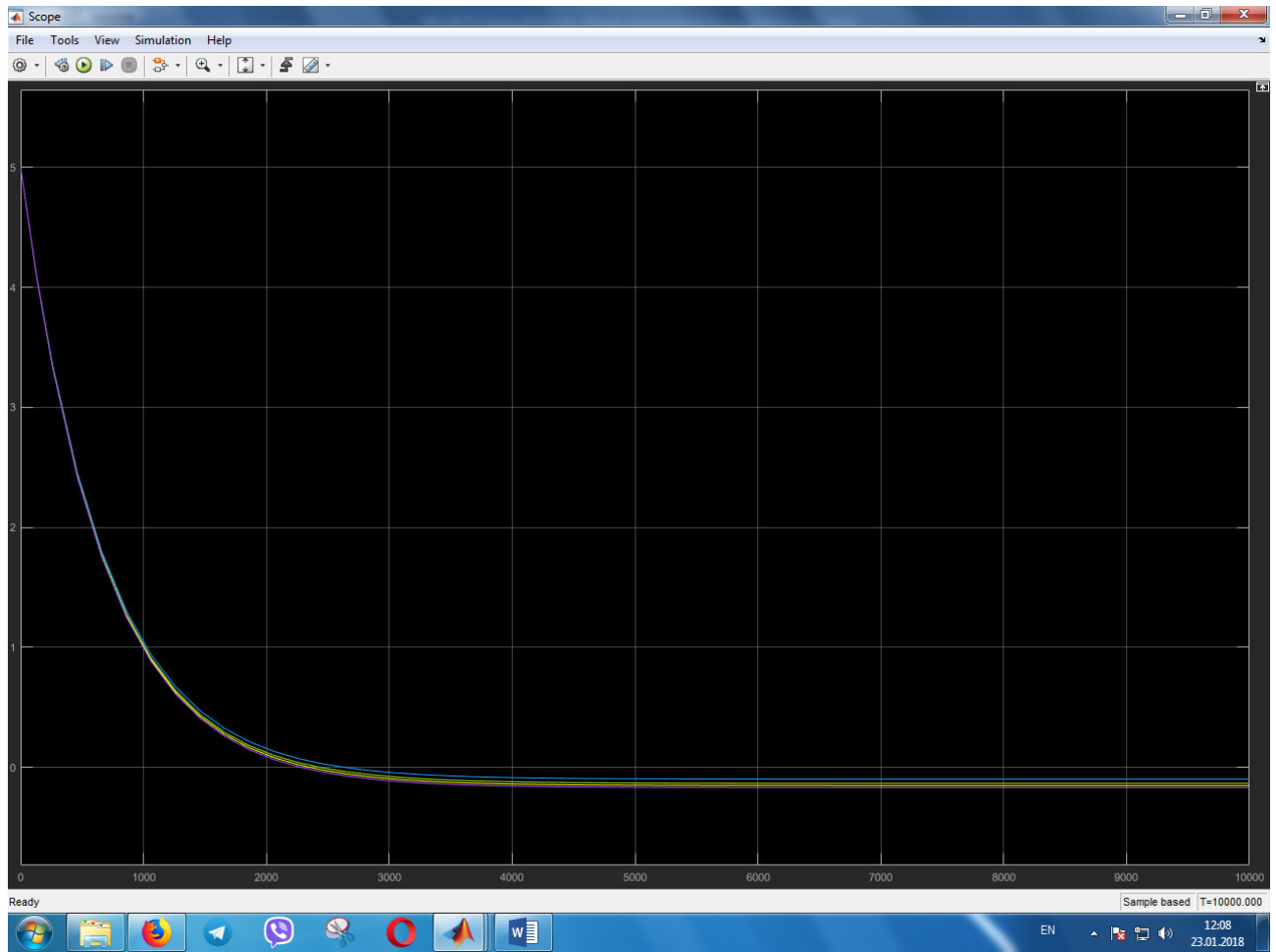


$K=5000$





$K=2000$



Отже, сигнал при $T=2000$ с є найбільш якісним, оскільки система в цьому випадку найшвидше відпрацьовує зовнішній сигнал. Розрахував необхідні значення замкненої системи. Розрахував власні значення замкненої системи та побудував їх на комплексній площині. Побудував структурну схему системи стабілізації в середовищі Simulink

Існують також інші, окремі недоліки, так, наприклад, в роботі з автоматизації дифузійного відділення не враховується якість бурякової стружки на показники процесу екстракції.

Типова схема автоматизації дифузійного відділення представлена на рис.2.7

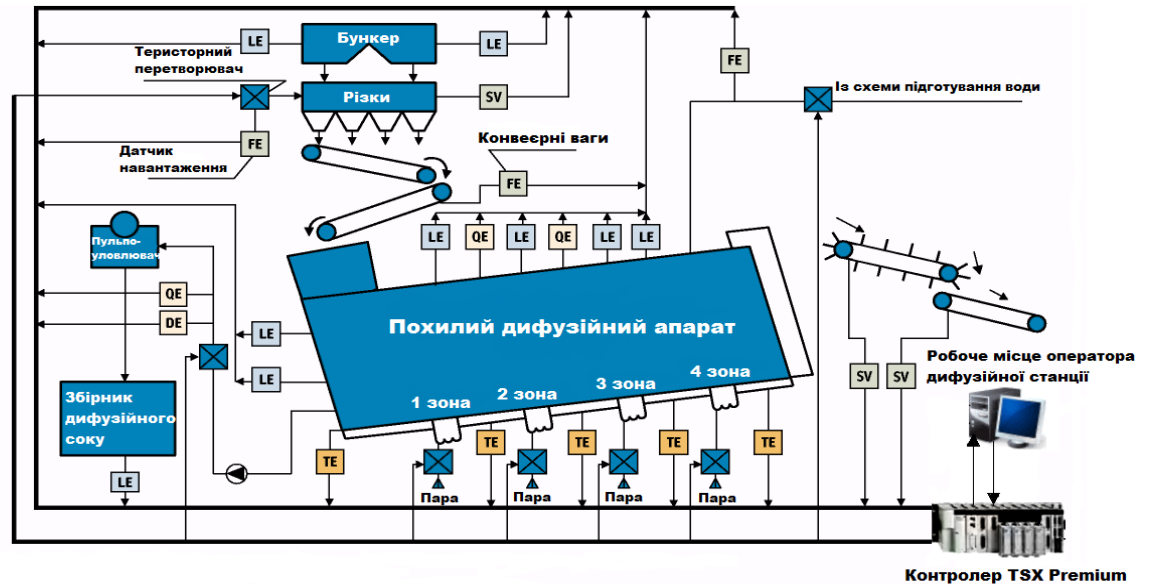
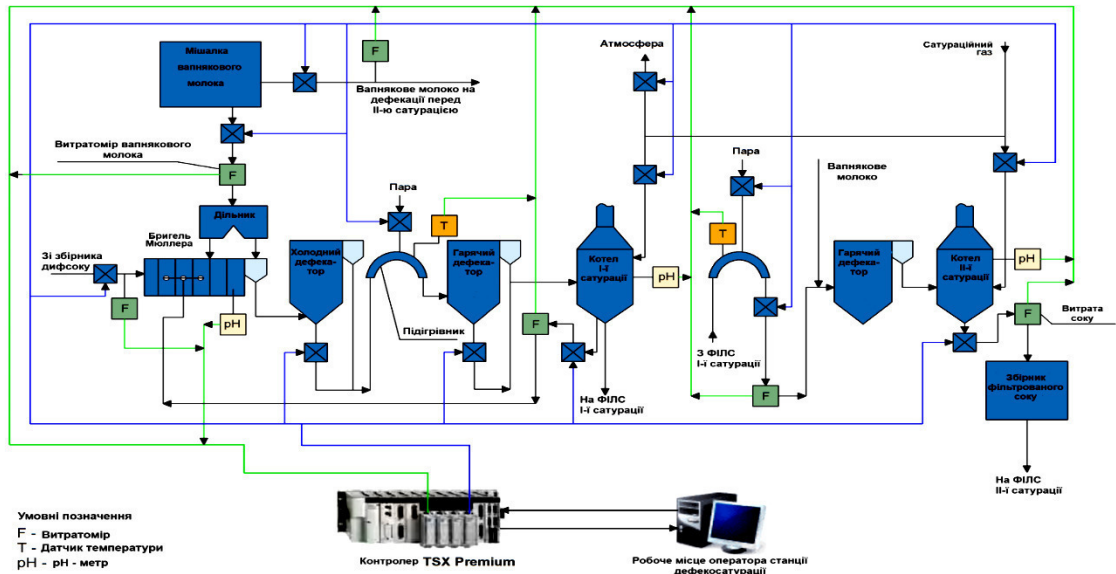


Рис.2.7 Типова схема автоматизації дифузійного відділення

В автоматизації процесу очистки дифузійного соку в якості критерію керування взято за основу швидкість фільтрації соку і сатурації. Але суттєвим недоліком є те, що в проаналізованих роботах безпосередньо не враховується вплив витрати вапнякового молока та сатураційного газу на процес очистки дифузійного соку

Типова схема автоматизації сокоочисного відділення представлена на рис.



7

Рис.2.8 Типова схема автоматизації сокоочисного відділення

Системи керування випарною станцією, розроблені в Україні та закордоном в принципі ідентичні, та в якості критерію керування мають витрату ретурної пари на випарну станцію. Відмінність в основному зводиться до вибору засобів контролю, регулювання та місцю їх встановлення .

Типова схема автоматизації випарного відділення представлена на рис..

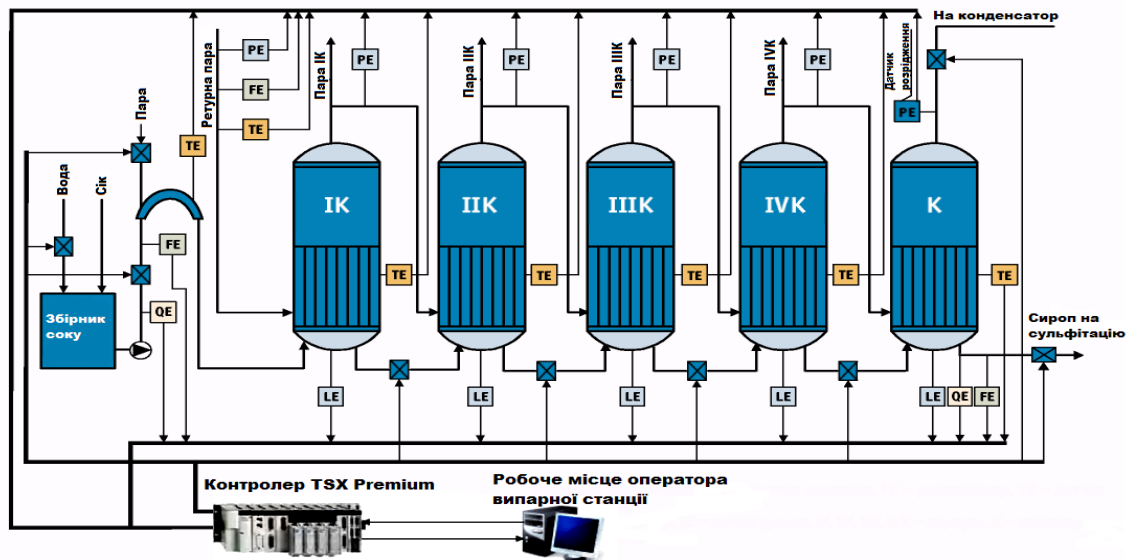


Рис.2.9 Типова схема автоматизації випарного відділення

де, ΔQ_j - відхилення продуктивності ділянки випуску j -го виду готової продукції від планового завдання; u – управляючий вплив, що приймає значення з множини допустимих значень управляючого впливу U ; $[0;T]$ – розрахунковий період часу, при обмеженнях: 1) $C_j Q_j \geq Q^{пл}$ - забезпечує виконання планового завдання по номенклатурі, де Q_j - продуктивність ділянки випуску j -го виду готової продукції; C_j - коефіцієнт пропорційності; $Q^{пл}$ - планове завдання. 2) $Q_j \leq N_j q_j$ – пов'язаному з працездатністю технологічного обладнання, де N_j - кількість працездатних одиниць обладнання; q_j - одинична продуктивність обладнання. Досягнення мети керування за критерієм 1 забезпечує роботою технологічних ділянок з ритмічністю, що оцінюється $\overline{K^p_j}$, близьким до одиниці.

Для аналізу існуючих методів та побудови задачі керування основними матеріальними потоками цукрового заводу необхідно побудувати структурну схему цукрового виробництва як об'єкта керування (рис.). Об'єкт керування виділений пунктиром.

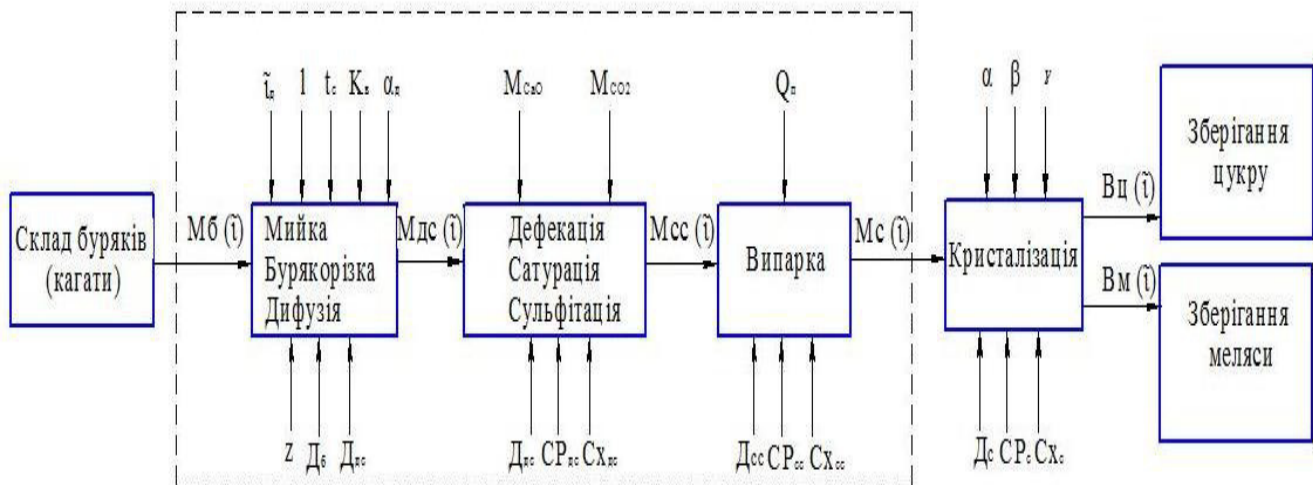


Рис.2.12 Структурна схема цукрового виробництва як об'єкта керування

Метою організації ієрархічної структури системи керування процесу виробництва цукру є: отримання достовірної і своєчасної інформації від датчиків і положень виконавчих механізмів об'єкта керування; контроль технологічних

параметрів для своєчасного реагування на будь-які їх зміни; швидке і ефективно керування виконавчими механізмами; отримання і обробка даних для їх візуалізації у вигляді мнемосхем і трендів; запис історії всіх змінювань в системі (архів); попередження всіх рівнів про аварії та інші нештатні ситуації; зв'язок всіх рівнів для підвищення швидкодії управлінських рішень; можливість запису інформації на носії чи її роздрукування, для подальшої обробки чи зберігання.



Ри3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ.

3.1. Опис роботи технологічного комплексу другої сатурації та випарної станції.

Загальна структура. Об'єктом автоматизації ІАСУВ є технологічний комплекс другої сатурації та випарної станції (рис.), який призначений для отримання сиропу. Технологічний комплекс складається з відділення другої сатурації (САТ2) та випарної станції (ВИП).

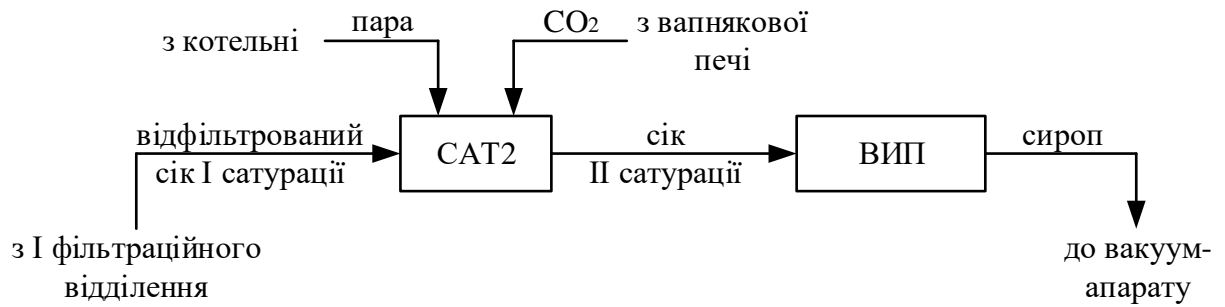


Рис.3.1 Структурна схема технологічного комплексу другої сатурації та випарної станції.

Виготовлення продукту. Відфільтрований сік I сатурації з I фільтраційного відділення потрапляє в відділення II сатурації, де відбувається процес сатурації. Під час даного процесу використовується пара, що надходить з котельні, та сатураційний газ CO_2 , що надходить з вапнякової печі. Отриманий сік II сатурації фільтрують та подають до випарної станції. Сік випарюється та утворюється сироп. Сироп з виходу випарної станції подають до вакуум-апарату для кристалізації.

3.2. Опис роботи відділення другої сатурації.

Апаратурно-технологічна схема відділення другої сатурації, а також точки вимірювання та управління зображені на рис.3.2

Завдання другої сатурації полягає в максимальному осадженні і видаленні вапна та солей кальцію, які можуть викликати утруднення при уварюванні соку і призвести до утворення накипу на внутрішніх поверхнях нагрівальних трубок.

Відфільтрований сік I сатурації потрапляє в збірник 1. Зі збірника 1 відфільтрований сік I сатурації потрапляє до теплообмінника, де його нагрівають до температури 95 °С паром, що подається з котельні.

Під час II сатурації обробляють сік вуглекислим газом до оптимальної лужності, що дорівнює 0,015-0,020 % CaO, або рН 9,6. Друга сатурація проводиться безперервно в апаратах, які за своєю конструкцією не відрізняються від апаратів першої сатурації, але мають трохи менший об'єм.

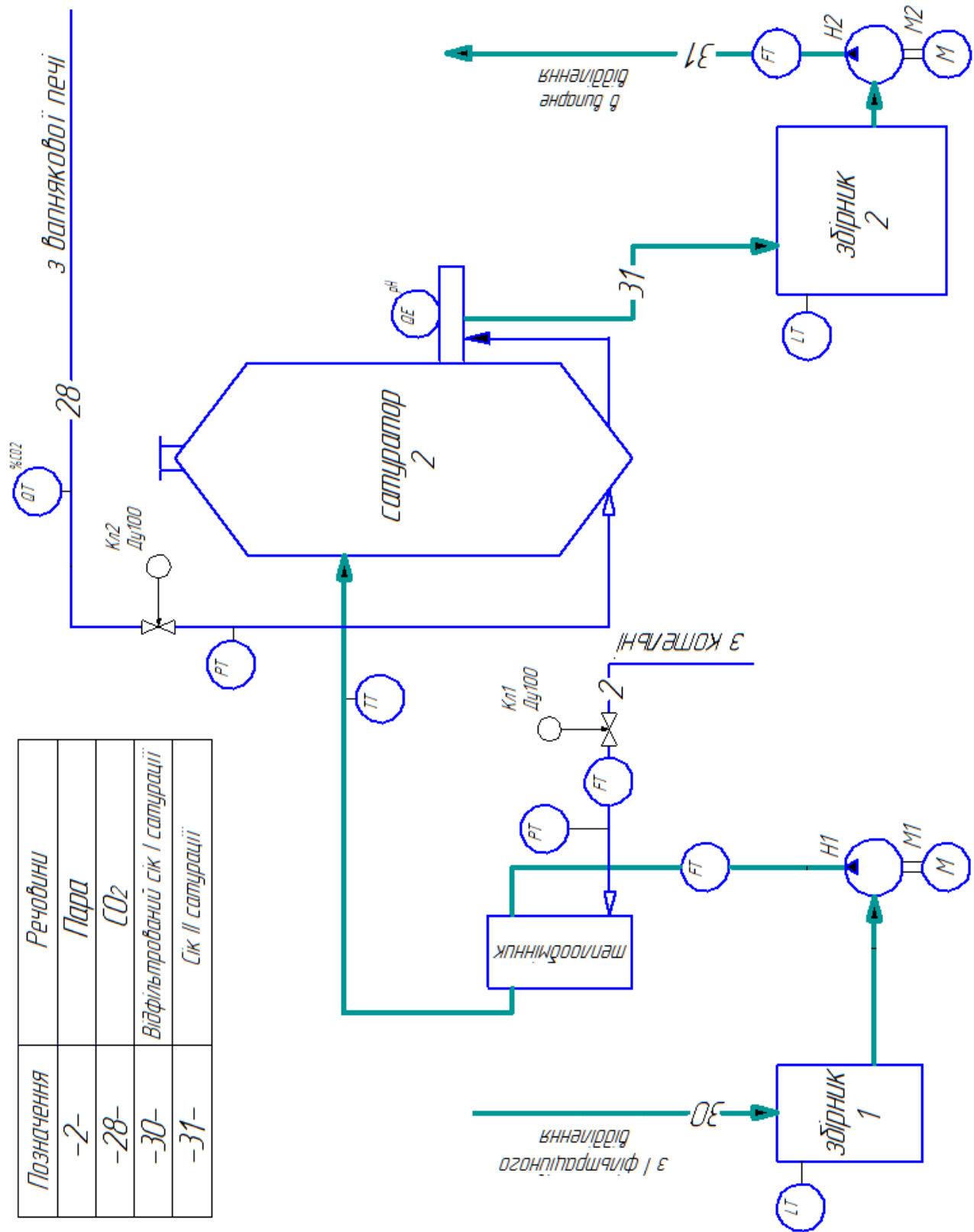


Рис.3.2. Апаратурно-технологічна схема відділення другої сатурації.

Тривалість II сатурації становить 10 хв, що дозволяє підтримувати рівномірну лужність соку рН=9,6.

Після другої сатурації сік надходить в збірник 2, потім на фільтрацію, а далі до випарної станції.

В випарній станції відбувається процес випарювання соку до сиропу. Далі отриманий сироп надходить до вакуум-апарату для подальшої кристалізації.

У процесі II сатурації передбачається:

регулювання лужності рН соку після сатуратора;

регулювання температури підігріву соку;

регулювання витрати відфільтрованого соку I сатурації;

регулювання витрати соку II сатурації;

контроль якості сатураційного газу;

контроль витрати пари;

контроль тиску в трубопроводі пари;

контроль тиску в трубопроводі сатураційного газу;

контроль рівня в збірнику 1;

контроль рівня в збірнику 2.

Об'єкт не відноситься до класу вибухонебезпечних. Середовище функціонування кислотне та лужне. Зовнішнє середовище вологе. Виконання всіх технічних засобів встановлених по місцю повинно бути не менше IP65.

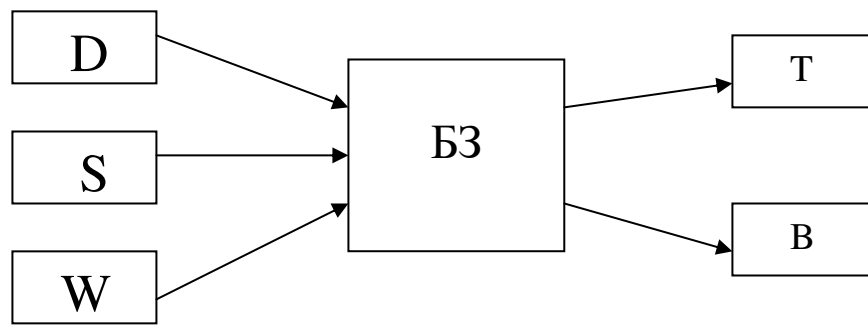


Рис.3.3. Структура системи логічного висновку.

Входи:

D – витрати гарячої пари [8.82] кг/с

S – витрати соку [24.2] кг/с

W – витрати вторинної пари [8.82] кг/с

Виходи:

T – температура соку [126] °C

B – густина соку [60] кг/м³

Нечіткі змінні (лінгвістична апроксимація):

„низька”, „нижче норми”, „норма”, „вище норми”, „висока”.

D: (0; 6; 8.82; 10; 16)

S: (0; 10; 24.2; 30; 48)

W: (0; 6; 8.82; 10; 16)

T: (0; 100; 126; 150; 200)

B: (0; 40; 65; 80; 120)

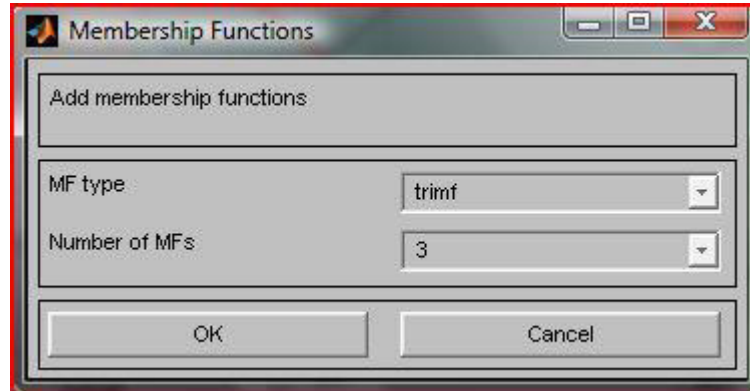


Рис.3.4. Вікно вибору функцій належності.

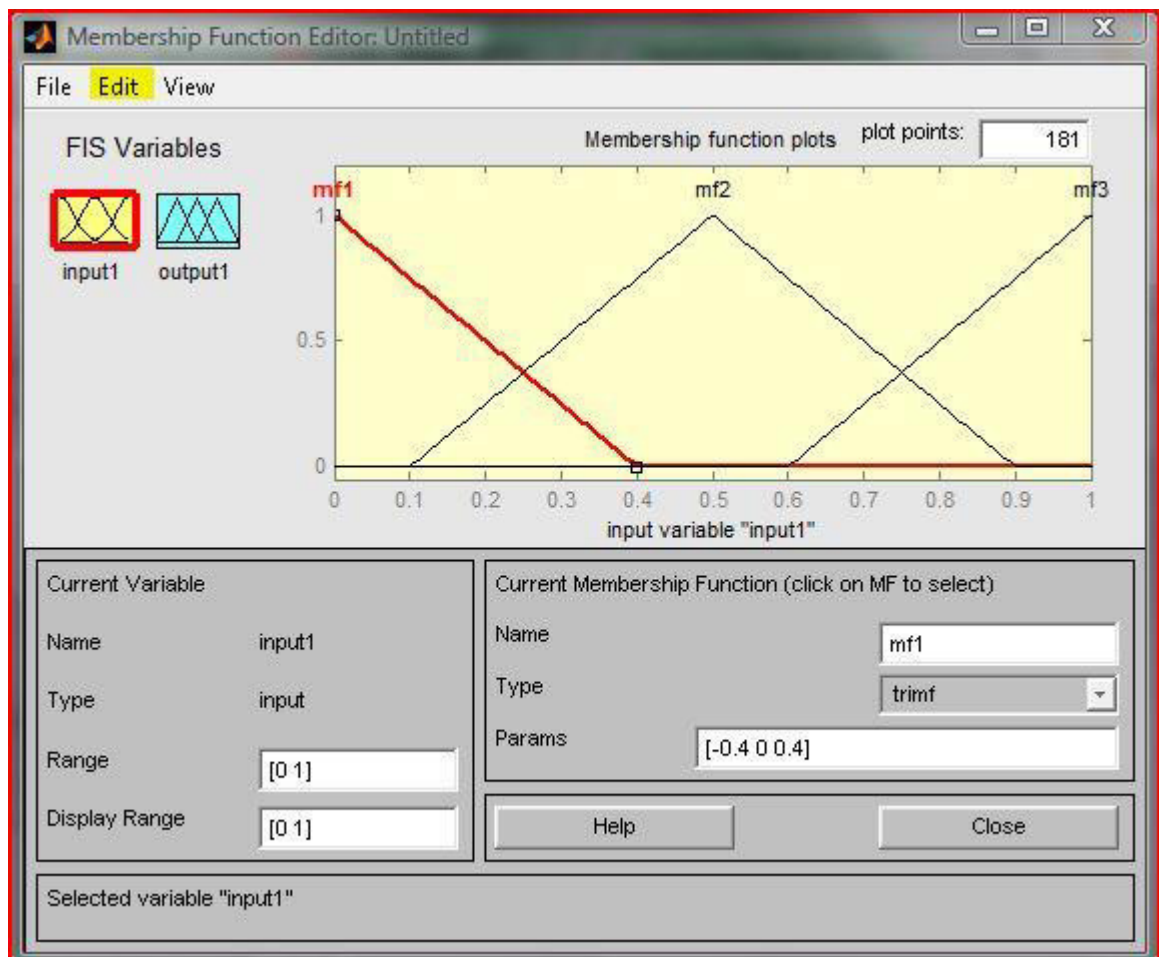


Рис.3.5 Вікно редагування функцій належності.

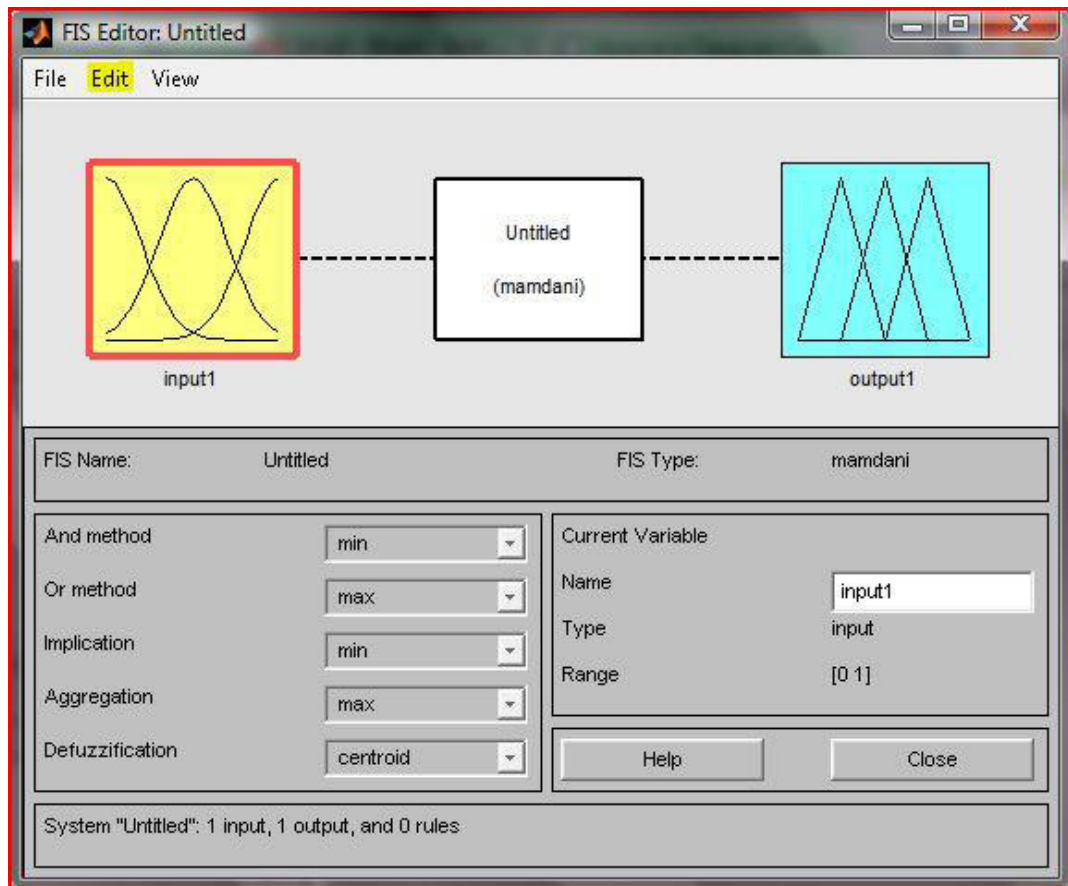


Рис.3.6. Головне вікно графічної системи Fuzzy Logic Toolbox.

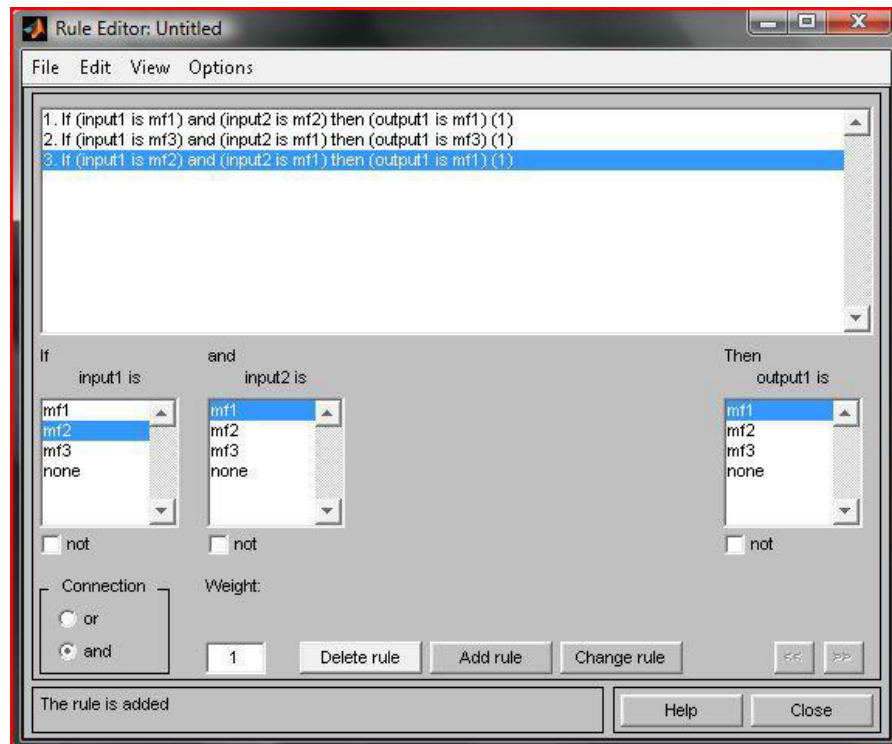


Рис.3.7. Вікно редагування правил нечіткого висновку.

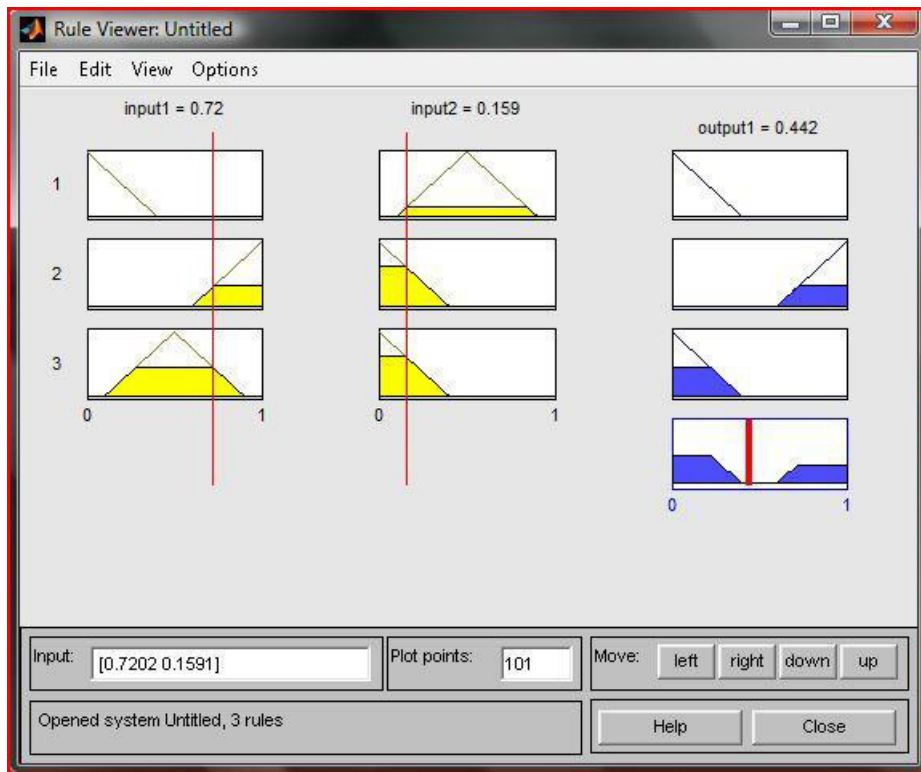


Рис.3.8 Вікно графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку.

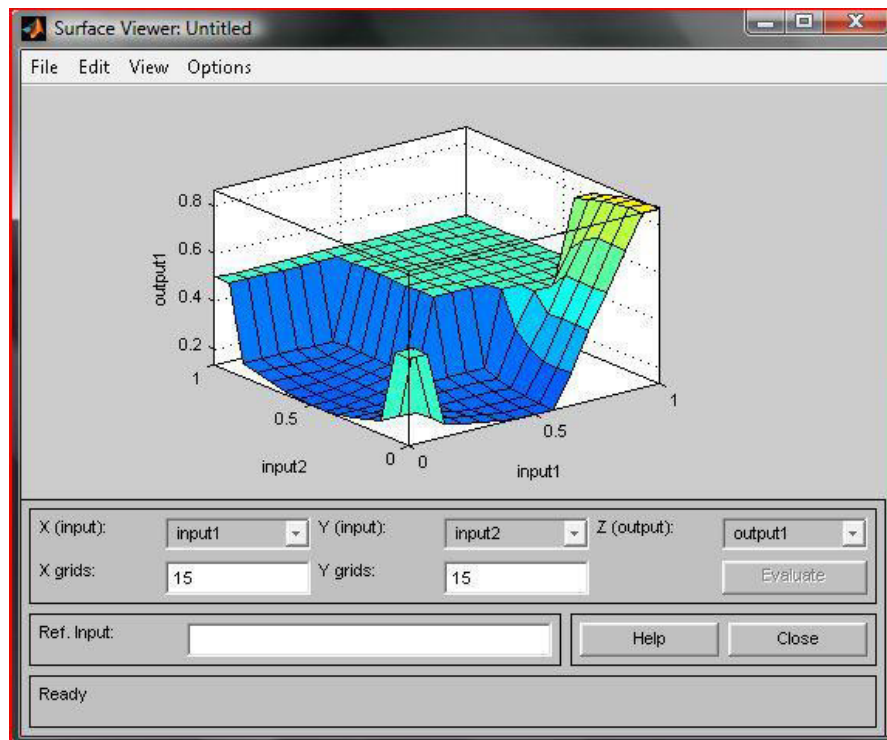


Рис.3.9. Вікно відображення поверхні відгуку.

Дифузійне відділення

Бурякову стружку від бурякорізки подають в ошпарювач за допомогою стрічкового транспортера. З ошпарювача стружка за допомогою дифузійного соку нагрітого до $75 - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, транспортується в головну частину апарату, де сік, що поступив з ошпарювача, а також із дифузійного апарату відділяється від стружки та потрапляє в збірник дифузійного соку. Із збірника, за допомогою центробіжного насоса сік подають через підігрівники на дефекосатурацію.

Параметрична схема дифузійного відділення представлена на рис.3.2.1.

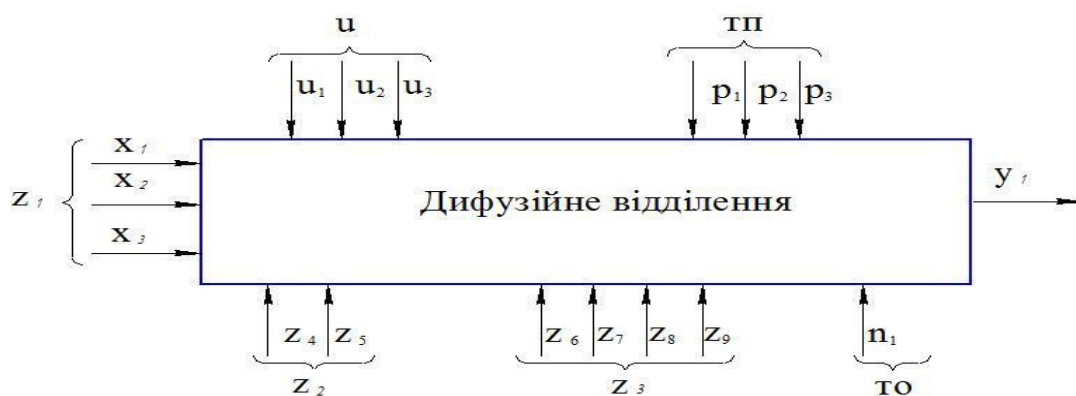


Рис.3.2.1 . Параметрична схема дифузійного відділення

Де z_1 – збурення, викликане зміною витрати матеріальних потоків: x_1 – бурякової стружки, $\text{м}^3/\text{год}$; x_2 – води, $\text{м}^3/\text{год}$; x_3 – жому $\text{м}^3/\text{год}$; y_1 – витрата дифузійного соку, $\text{м}^3/\text{год}$; z_2 – збурення, викликане зміною якості середовища матеріальних потоків: z_4 – вміст браку в стружці, %; z_5 – вміст цукру в стружці, %; z_3 – збурення викликане зміною характеристик: z_6 – насосів; z_7 – підігрівників; z_8 – дифузійного апарату; z_9 – справністю обладнання; ТО – технологічні обмеження: n_1 – підвищений рівень в збірнику нефільтрованого соку І сатурації, м; u – управляючий вплив направлений на підтримання заданих значень: u_1 – витрати дифузійного соку, $\text{м}^3/\text{год}$; u_2 – витрати води, $\text{м}^3/\text{год}$; u_3 – витрати бурякової стружки,

м³/год; ТП – технологічні показники: p_1 – втрати цукру, %; p_2 – концентрація дифузійного соку, %; p_3 – чистота дифузійного соку, %.

Вхідними матеріальними потоками дифузійного відділення є: x_1 потік бурякової стружки, x_2 потік води, x_3 потік жому, вихідним – потік дифузійного соку y_1 . Витрати x_1 , x_2 , y_1 для деякого визначеного технологічного режиму є функціями витрати стружки x_3 .

Відхилення вхідних матеріальних потоків від усталеного значення складають групу збурень z_1 .

Відхилення витрати потоку стружки від усталеного значення викликається збуренням, що впливає на продуктивність бурякорізки та управляючим впливом u_1 , які направлені на досягнення бажаної або вимушеної продуктивності заводу.

Кількість води, яка подається в дифузійний апарат залежить від бажаних втрат цукру p_1 , концентрації p_2 та чистоти дифузійного соку p_3 .

Ділянка II сатурації, фільтрації та сульфітації соку II сатурації

Фільтрований сік I сатурації підігрітий до 100 – 102 °С поступає в апарат II сатурації, де в сік додають вапно, в кількості близько 0,25% до маси буряків та обробляють сатураційним газом, в залежності від властивостей вихідного соку, до $pH=9,5 - 8,8$ [16, 41, 52, 61]. Сік II сатурації фільтрують на основних та контрольних фільтрах. Фільтрований сік, оброблений газом SO_2 в сульфітаторі направляють в збірник перед випарною установкою. Частину фільтрованого та сульфітованого соку виділяють для клеровки жовтого цукру.

Параметрична схема ділянки II сатурації, фільтрації та сульфітації соку II сатурації представлена на рис.3.2.2 .

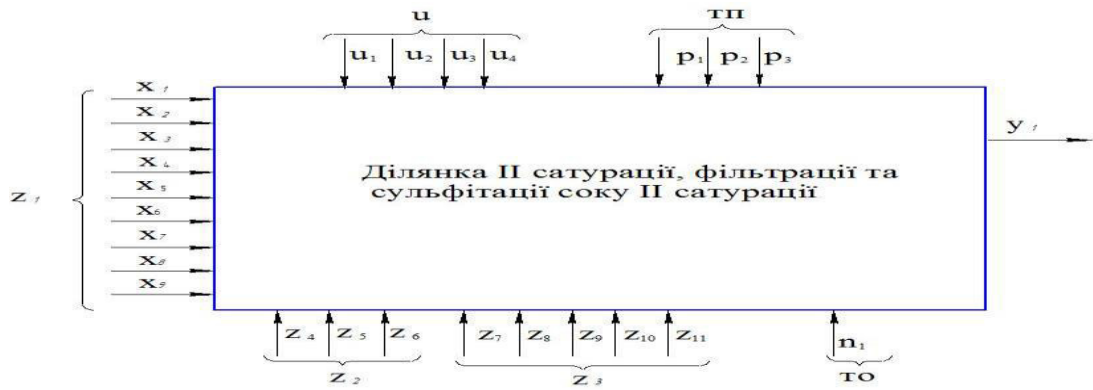


Рис.3.2.2. Параметрична схема ділянки II сатурації, фільтрації та сульфитації соку II сатурації

Де z_1 – збурення, викликане зміною витрати матеріальних потоків: x_1 – фільтрованого соку I сатурації, $\text{м}^3/\text{год}$; x_2 – вапнякового молока, $\text{м}^3/\text{год}$; x_3 – сатураційного газу, $\text{м}^3/\text{год}$; x_4 – сірчаного газу, $\text{м}^3/\text{год}$; x_5 – фільтраційного осаду, $\text{м}^3/\text{год}$; x_6 – соку на клеровку жовтого цукру, $\text{м}^3/\text{год}$; x_7 – випаруваної води в апараті II сатурації, $\text{м}^3/\text{год}$; x_8 – випаруваної води в сульфитаторі, $\text{м}^3/\text{год}$; x_9 – випаруваної води на фільтрах, $\text{м}^3/\text{год}$; y_1 – витрата сульфітованого соку, $\text{м}^3/\text{год}$; z_2 – збурення, викликані зміною: z_4 – концентрації CO_2 в сатураційному газі, %; z_5 – густиною вапнякового молока, $\text{г}/\text{см}^3$; z_6 – засміченістю вапнякового молока, %; z_3 – збурення, викликане зміною характеристик: z_7 – насосів; z_8 – підігрівників; z_9 – фільтрів; z_{10} – апарата II сатурації; z_{11} – справністю обладнання; ТО – технологічні обмеження, які викликані: n_1 – підвищеним рівнем в збірнику сульфітованого соку, м; u – управляючий вплив направлений на підтримання заданих значень: u_1 – витрати фільтрованого соку I сатурації, $\text{м}^3/\text{год}$; u_2 – вапнякового молока, $\text{м}^3/\text{год}$; u_3 – сатураційного газу, $\text{м}^3/\text{год}$; u_4 – сірчаного газу, $\text{м}^3/\text{год}$; ТП – технологічні показники: p_1 – реакція середовища рН, од. рН; p_2 – чистота соку II сатурації, %; p_3 – реакція середовища сульфітованого соку рН.

Дослідження також показали наявність як детермінованого, так і стохастичного характеру поведінки системи керування, що свідчить про наявність переміжностей.

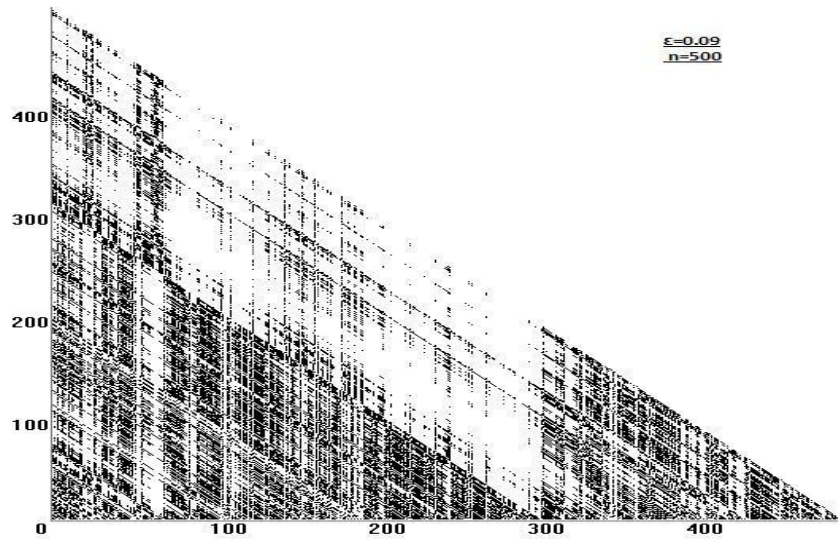


Рис.3.2.3. Графічний тест витрати дифузійного соку при $\epsilon=0.9$, для кількості спостережень – 500

На рис. виділяються характерні суцільні лінії, що є показником наявності в системі детермінованого хаосу. Для розгляду навмисне підібрані часові ряди порядку 600 точок для підтвердження роботи методу із короткими часовими рядами.

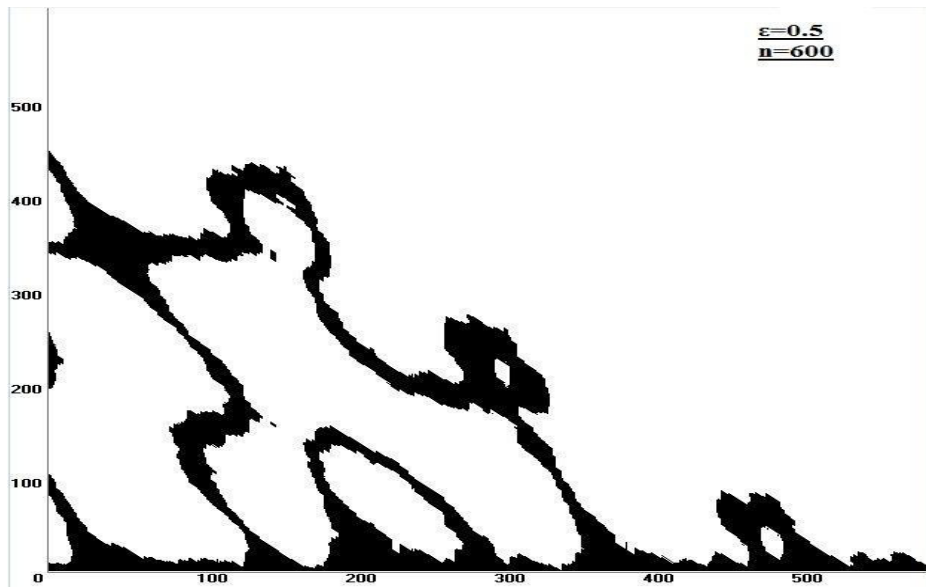


Рис.3.2.4. Графічний тест температури дифузійного соку при $\varepsilon=0.5$ для кількості спостережень – 600

На рис. характерні прояви наявності в системі точкових та інтервальних джокерів, а також характерним є наявність порожніх проміжків, що є свідченням розривів відображення.

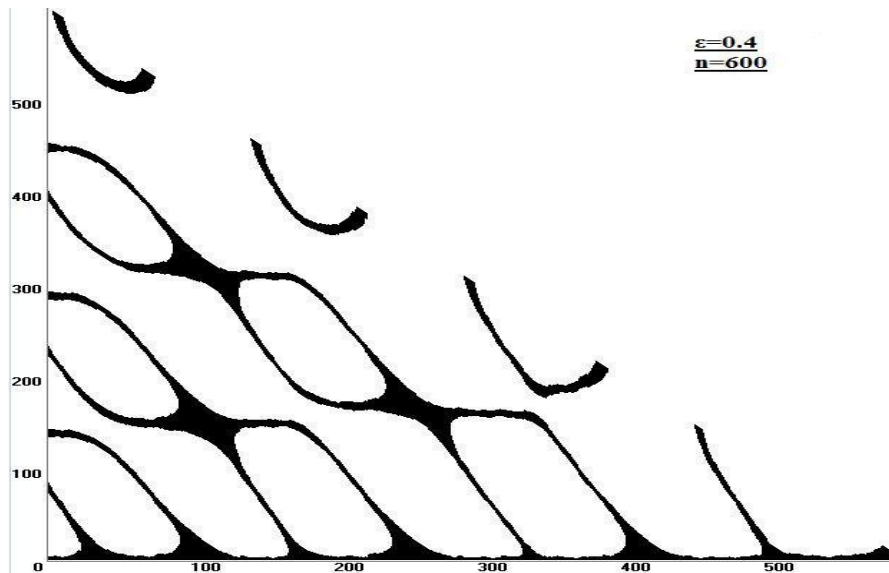


Рис.3.2.5. Графічний тест значення рН при $\varepsilon=0.4$ для кількості спостережень – 600

На рис. виділяється наявність лише інтервального джокера. Також можна виділити наявність складного частотного спектру у вигляді квазіперіодичних орбіт.

ТК неперервного типу, зокрема, ТК цукрового заводу, з точки зору задач керування відрізняються багатовимірністю. Варто також відзначити, що ТК цукрового заводу мають всі характерні ознаки складної організаційно-технологічної системи. Такі об'єкти керування являють собою сукупність різних підсистем, зв'язаних між собою процесами інтенсивної взаємодії та обміну енергією, речовиною та інформацією. Ці підсистеми є нелінійними, багатомірними та складнозв'язаними .

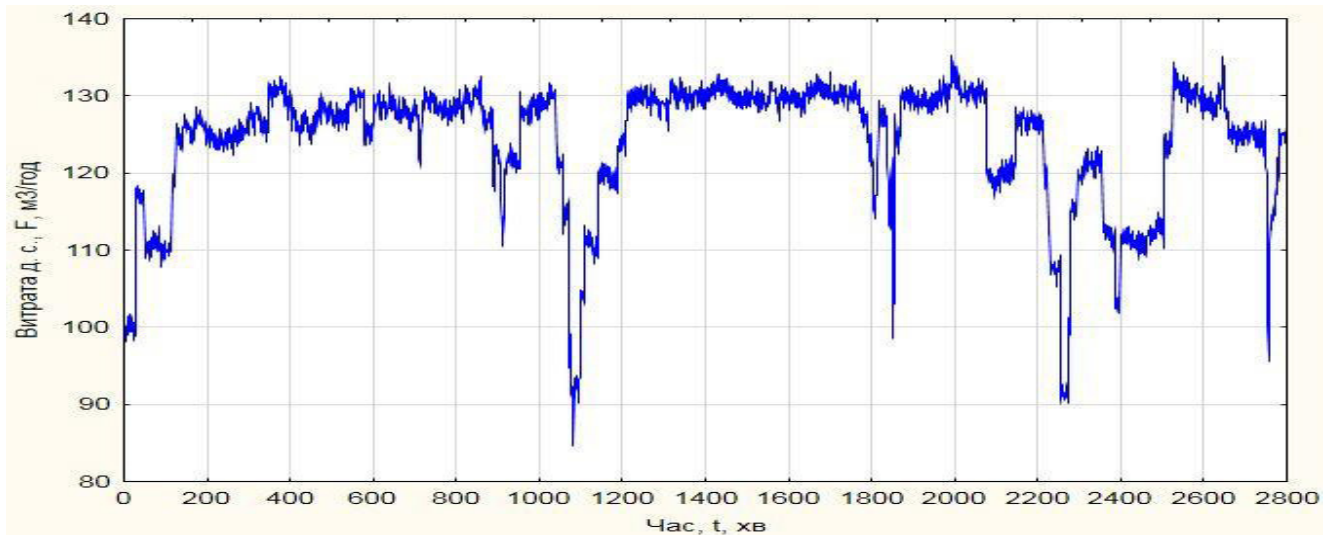


Рис.3.2.6 Часовий ряд зміни витрати дифузійного соку

Таке графічне подання процесу назване рекурентною діаграмою (RP – recurrence plots) і є проєкцією m – мірного псевдофазового простору на площину [101].

Рекурентна діаграма описується співвідношенням:

$$R_{i,j}^{m,\varepsilon} = \Theta(\varepsilon_i - \|x_i - x_j\|), \quad (3.1)$$

де $\{x_i\} = [x_1, x_2, \dots, x_N] \in R^m$, $i, j = 1, 2, \dots, N$, N – кількість розглянутих станів спостережуваного процесу, ε_i – розмір околиці точки x_i в момент i , $\|x_i - x_j\|$ – відстань між точками, $\Theta(\cdot)$ – функція Хевісайда.

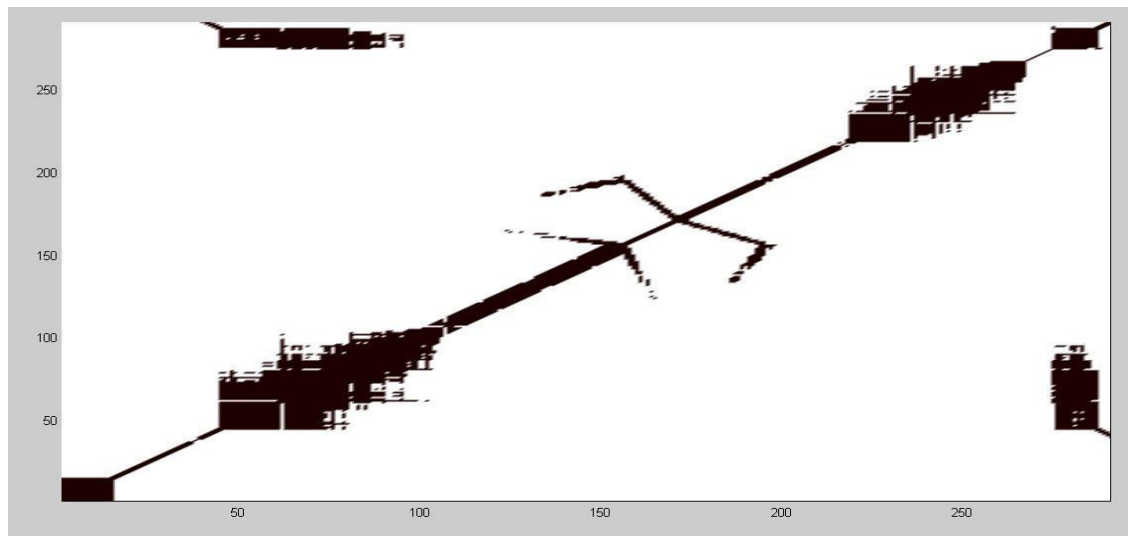


Рис.3.2.7 Відображення рекурентної діаграми витрати дифузійного соку
(наявність нестационарності)

Для аналізу досліджуваних процесів за рекурентними діаграмами використовуються два класи структури: топологія і текстура зображень. При цьому топологія, яка представляється великомасштабними структурами, дає загальне поняття про характер процесу за чотирма класами: однорідний, періодичний, дрейф і білі області. Текстура характеризує дрібномасштабну структуру діаграми і складається з окремих точок, діагональних, горизонтальних і вертикальних ліній [102].

Текстура дає можливість оцінити відстань між станами системи на діаграмі відстаней [103], що відображається на деяку кольорову палітру:

$$D_{i,j}^m = \|x_i - x_j\|. \quad (3.4)$$

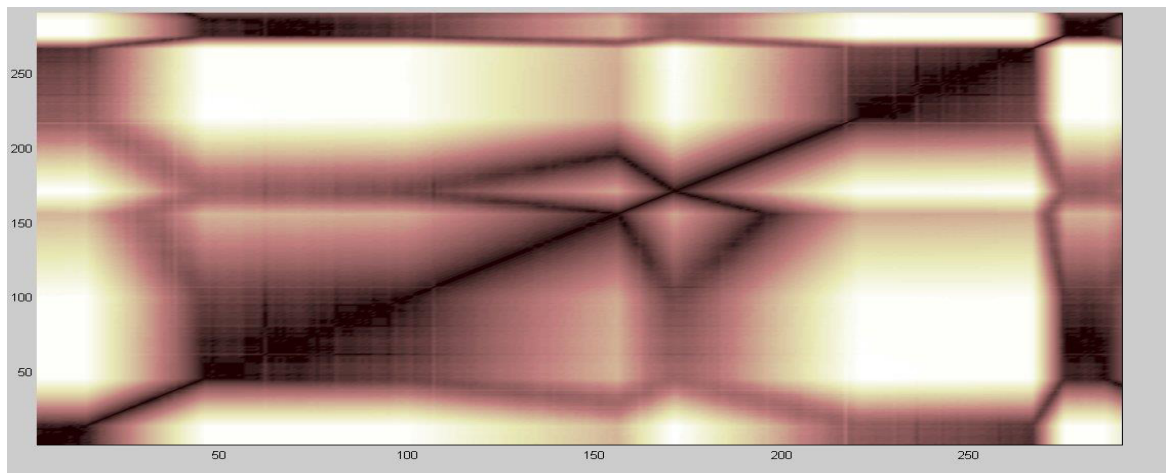


Рис.3.2.8. Відображення текстури рекурентної діаграми витрати дифузійного соку (наявність і характер дрейфу характеристик)

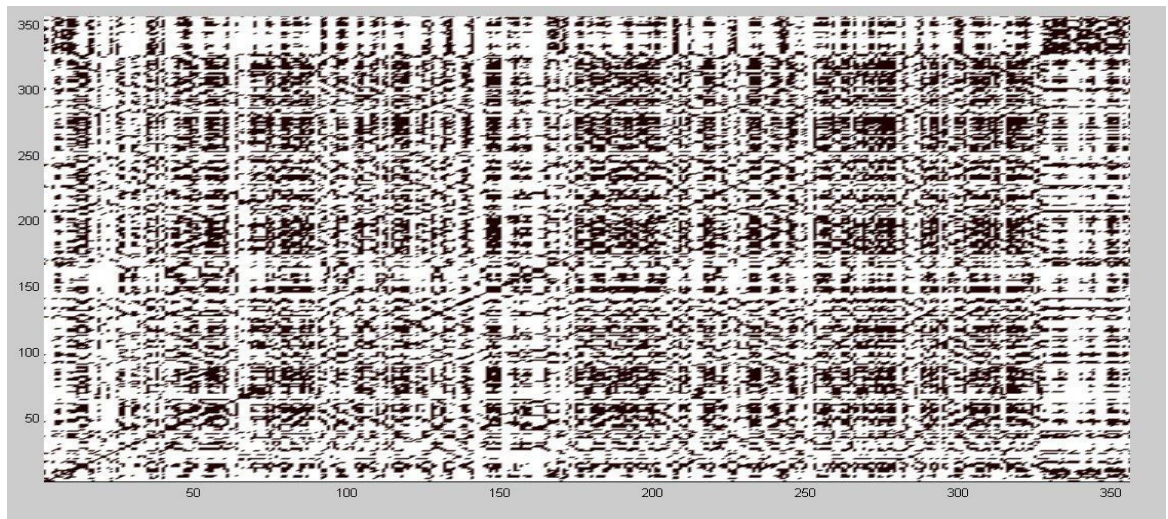


Рис.3.2.9. Відображення текстури рекурентної діаграми витрати дифузійного соку (наявність хаотичного процесу)

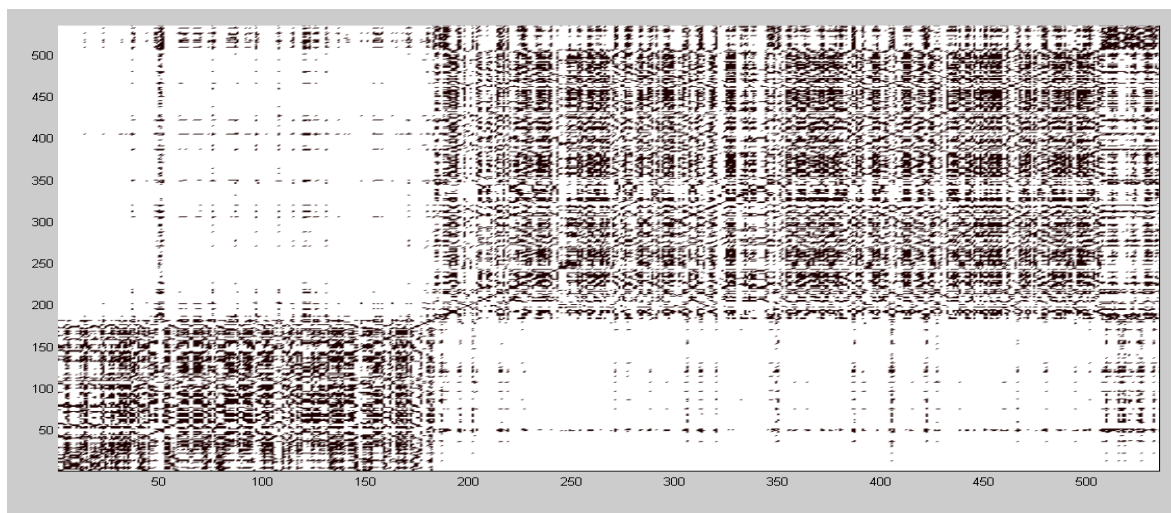


Рис.3.3.1 Відображення текстури рекурентної діаграми витрати дифузійного соку (контрастна топологія)

На основі отриманих рекурентних діаграм, проведений також їх кількісний аналіз. Методику кількісного аналізу рекурентних діаграм для визначення числових показників створили Збилут і Вебер . Суть методу полягає у визначенні щільності рекурентних точок і діагональних структур діаграми. В результаті досліджень часових рядів змінних при функціонуванні ТК цукрового заводу були визначені такі кількісні показники як: міра рекурентності (RR); міра детермінованості (DET); середня довжина діагональних ліній (L); дивергенція (DIV); ентропія (ENTR); частотне розподілення довжин діагональних ліній (RATIO); тренд (TREND), а також розраховані міри, що засновані на вертикальних чи горизонтальних структурах рекурентних діаграм, а саме: міра замирання (LAM); показник затримки (TT).

Даний показник характеризує середній час, за який система може провести у відносно стабільному стані. Вплив стохастичної складової на систему відображається на діаграмі у вигляді появи окремо стоячих точок або коротких діагональних ліній. Стохастична складова у деяких випадках взагалі може не утворювати діагональних ліній.

Рекурентний аналіз дозволив визначити характер процесів (стохастичність, хаотичність, періодичність, квазіперіодичності і т. п.), виявити особливості еволюції поведінки об'єкта керування (зміна режиму, зміни рівня шуму, зміни трендів і т.п.), здійснити порівняння процесів (виявлення подібності, відхилень від стандарту, синхронізації і т. п.), оцінити характер нестационарності, охарактеризувати ступінь ламінарності і турбулентності матеріальних потоків для їх врахування в процесі керування.

Для репрезентативного аналізу рекурентних діаграм поряд з ідентифікацією топології і текстури проведена оцінка кількісних характеристик ознак поведінки (табл.) за такими показниками: міри рекурентності, детермінованості, середній час передбачуваності, дивергенції, замирання, ентропії та інші.

Табл.3.1 Кількісний аналіз рекурентних діаграм витрати дифузійного соку

Показник	Часовий ряд 1	Часовий ряд 2	Часовий ряд 3
RR	0,198	0,098	0,126
DET	0,657	0,474	0,513
L	2,861	3,552	2,845
DIV	0,029	0,024	0,037
ENTR	1,359	1,471	1,261
RATIO	4,675	5,394	4,537
LAM	0,463	0,631	0,581
TT	4,131	2,732	3,783

Враховуючи відмінності оцінок цих параметрів в різні періоди функціонування об'єкта керування, що підтверджує різноплановий характер його поведінки, здійснювалась адаптація параметрів алгоритмів керування у відповідність із ситуаційною обстановкою.

Практична цінність отриманих рекурентних діаграм, що характеризують різні аспекти поведінки ТК цукрового заводу як об'єкта керування, полягає в

акумулюванні великої кількості інформації шляхом її візуалізації і дозволяє оцінити характерні особливості поведінки технологічних процесів. Це дозволяє також здійснити її прогнозування і прийняти ефективні рішення по усуненню можливих негативних наслідків.

4 Розрахунок економічної ефективності

4.1 Розрахунок початкових інвестицій в автоматизацію

Даний дипломний проект присвячений розробці системи автоматизації апарату другої сатурації цукрового заводу.

Згідно із складеною специфікацією в даному проекті впроваджуються засоби автоматизації, які занесені у таблицю 4.1:

Таблиця 4.1. Специфікація на систему автоматизації

№ п/п	Найменування	Кількі сть, шт	Ціна, грн/шт	Загальна вартість, грн
1	2	3	4	5
1	Мікропроцесорний комплект ОВЕН ПЛК 154	1	5500	5500
2	Перетворювач температури ТСМУ-205-Н	1	2400	2400
3	Інтелектуальний датчик гідростатичного рівня Метран-3051L	2	5900	11800
4	Вимірювальний перетворювач рН СРМ-223	1	5100	5100
5	Сигналізатор рівню СУГ-М	1	1450	1450

6	Перетворювач електропневматичний МТМ 810	4	740	2960
7	Механізм виконавчий пневматичний МІМ-250/10	3	840	2520

Продовження таблиці 4.1

	2	3	4	5
	Поршневий пневматичний виконавчий привід МИП-П-200	1	2800	2800
	Пускач електромагнітний переверсивний ПММ-2/25	4	140	560
0	Кнопочний пост ПКЕ-112-2	4	225	700
1	Інше (кабель, трубки тощо)		52400	52400
2	Всього			88190

Згідно складеної специфікації вартість впровадження засобів автоматизації складає 88190 грн за договорними цінами.

Накладні витрати, пов'язані з придбанням і вводом в експлуатацію нових засобів автоматизації:

- 1) транспортні – 4%;
- 2) проектні – 10%;
- 3) монтажні – 20%;
- 4) пусконаладжувальні – 10%;
- 5) інші – 6%.

Так як даний проект впроваджується вперше, то сума поточних інвестицій буде дорівнювати вартості засобів автоматизації:

$$I = K_{за} = K_{дц} + K_{т} + K_{пр} + K_{м} + K_{пн} + K_{ін}, \text{ грн} \quad (4.1.1)$$

де $K_{дц}$ – витрати по договірним цінам, грн;

$K_{т}$ – транспортні витрати, грн;

$K_{пр}$ – проектні витрати, грн;

$K_{м}$ – монтажні витрати, грн;

$K_{\text{пн}}$ – пусконаладжувальні витрати, грн;

$K_{\text{ін}}$ – інші витрати, грн.

$$\text{ПІ} = 88190 + 0,04 \cdot 88190 + 0,1 \cdot 88190 + 0,2 \cdot 88190 + 0,1 \cdot 88190 + 0,06 \cdot 88190 = 132285 \text{ грн}$$

Отже, початкові інвестиції у засоби розробленої системи автоматизації складають 132285 грн

4.2 Визначення поточних витрат та додаткового прибутку від впровадження автоматизації

Розробка у даному дипломному проєкті системи автоматизації системи автоматизації апарату другої сатурації цукрового заводу направлена на підвищення технологічних показників підприємства. Запропонована система автоматизації забезпечить:

- підвищення виходу готового продукту (цукру-піску) на 0,021% до маси переробленого буряку за рахунок кращого видалення вапняного молока із розчину в процесі 2-ї сатурації, що досягається більш точним дозуванням сатураційного газу в залежності від величини рН соку, який поступає у сатураційний котел;

- економію пари на підігрів соку у пароконтактному підігрівачі на 0,2% (2,5% до маси буряку);

- звільнення одного оператора 3 розряду з тарифною ставкою 9,62 грн за рахунок повного програмного керування процесом 2-ї сатурації дифузійного соку, що виключає постійну присутність оператора біля місцевого пульта (після впровадження системи пульт по місцю демонтується).

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Вихідні дані для розрахунку

№ п/п	Показники заводу	Одиниці вимірювання	Чисельне значення
1	2	3	4
1	Виробнича потужність заводу	т/добу	1850
2	Коефіцієнт використання потужності	-	0,79
3	Очікувана тривалість роботи підприємства	діб	70

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
4	Вихід готового продукту до вдосконалення системи автоматизації	% до маси переробленого буряку	12,18
5	Оптова ціна підприємства (без ПДВ)	грн/тону	7100
6	Собівартість 1 тонни цукру до автоматизації	грн	5500
7	Споживана потужність засобів автоматизації	кВт/год	4,2
8	Вартість 1 кВт/год	грн	1,12
9	Вартість 1 тони пари	грн	142
10	Амортизаційні відрахування на засоби автоматизації	% від їх вартості	20
11	Витрати на утримання засобів автоматизації	% від їх вартості	14
12	Доплати до заробітної плати:	%	
	- премії		50
	- за вечірні години		40
	- у нічний час		75

Розраховуємо збільшення виходу цукру:

$$Д = 1850 \cdot 0,79 \cdot 70 \cdot 0,00021 = 21,48 \text{ тон/сезон}$$

Розраховуємо зниження витрат пари:

$$1850 \cdot 70 \cdot 0,002 \cdot 0,025 = 6,48 \text{ тон/сезон}$$

Розраховуємо економію пари у вартісному вигляді:

$$6,48 \cdot 142 = 920,16 \text{ грн}$$

Розраховуємо економію тарифного фонду заробітної плати в зв'язку із звільненням одного працівника 3 розряду.

Тарифна заробітна плата:

$$9,62 \cdot 24 \cdot 70 = 16161,6 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата:

1) премії:

$$16161,6 \cdot 0,5 = 8080,8 \text{ грн}$$

2) доплата за роботу у вечірні години:

$$\frac{8080,8}{3} \cdot 0,4 = 1077,4 \text{ грн}$$

3) доплата за роботу у нічний час:

$$\frac{8080,8}{3} \cdot 0,75 = 2020,2 \text{ грн}$$

Всього додаткова заробітна плата становить:

$$8080,8 + 1070,4 + 2020,2 = 11178,4 \text{ грн}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок (38,52%):

$$(16161,6 + 11178,4) \cdot 0,3852 = 10531,37 \text{ грн}$$

Всього економія заробітної плати за рахунок звільнення працівника:

$$16161,6 + 11178,4 + 10531,37 = 37871,37 \text{ грн}$$

Розраховуємо зміну собівартості:

1) амортизаційні відрахування на засоби автоматизації:

$$132285 \cdot 0,2 = 26457 \text{ грн}$$

2) витрати на утримання засобів автоматизації:

$$132285 \cdot 0,14 = 18519,9 \text{ грн}$$

3) витрати на електроенергію, споживану засобами автоматизації:

$$4,2 \cdot 24 \cdot 70 \cdot 1,12 = 7902,72 \text{ грн}$$

Загальна зміна собівартості продукції після впровадження запропонованої системи автоматизації буде становити:

$$\Delta C = -37871,37 - 920,16 + (26457 + 18519,9 + 7902,72) = 14088,09 \text{ грн}$$

Розраховуємо додатковий прибуток від впровадження системи автоматизації за формулою:

$$\Delta П = (Ц - C_2)Q_2 - (Ц - C_1)Q_1, \text{грн} \quad (4.2.1)$$

де Ц – оптова ціна цукру, грн/тону;

C_1, C_2 – собівартість одиниці продукції відповідно до і після автоматизації, грн/тону;

Q_1, Q_2 – обсяг випуску продукції до і після автоматизації в натуральних одиницях, тон.

Визначаємо обсяг виробництва цукру до вдосконалення системи автоматизації:

$$Q_1 = 1850 \cdot 0,79 \cdot 70 \cdot 0,1218 = 12460,75 \text{ тон}$$

Визначаємо обсяг виробництва цукру після вдосконалення системи автоматизації:

$$Q_2 = Q_1 + Д = 12460,75 + 21,48 = 12482,23 \text{ тон}$$

Визначаємо собівартість 1 тони цукру після вдосконалення системи автоматизації:

$$C_2 = \frac{Q_1 \cdot C_1 \pm \Delta C}{Q_2}, \text{ грн} \quad (4.2.2)$$

$$C_2 = \frac{12460,75 \cdot 5500 + 14088,09}{12482,23} = 5491,66 \text{ ¢}$$

Визначаємо додатковий прибуток підприємства:

$$\Delta\Pi = (7100 - 5491,66) \cdot 12482,23 - (7100 - 5500) \cdot 12460,75 = 138469,8 \text{ грн}$$

4.3 Визначення показників економічної ефективності автоматизації

Розрахунок ефективності проекту полягає в кількісній оцінці одержаного фінансового результату шляхом порівняння одержуваного прибутку з витратами, які необхідні для реалізації даного проекту.

Основними показниками ефективності проекту є чиста приведена вартість проекту, індекс доходності проекту та період окупності проекту.

Визначимо доцільність інвестицій, базуючись на методі дисконтування (визначення теперішньої вартості) грошових потоків у часі. Для цього необхідно розрахувати чисту приведену вартість, яка являє собою різницю між теперішньою вартістю суми чистого грошового потоку (що визначається згідно з фінансовою концепцією цього терміну) та сумою інвестиційних витрат за проектом.

Для того, щоб отримати загальну суму чистого грошового потоку у приведеній вартості, необхідно скласти окремі розраховані його суми за різними інтервалами часу протягом усього періоду експлуатаційної фази життєвого циклу інвестиційного проекту. Цей показник розраховується за такою формулою:

$$\text{ЧГП} = \sum_{i=1}^t \frac{\text{ЧГП}_i}{(1+p)^i}, \text{ грн} \quad (4.3.1)$$

де ЧГП – загальна сума приведеного чистого потоку за інвестиційним проектом;

ЧГП_i – номінальна сума чистого грошового потоку за інвестиційним проектом в окремі інтервали часу його реалізації;

p – ставка дисконту.

Відповідно сума чистої приведенної вартості за інвестиційним проектом розраховується за такою формулою:

$$\text{ЧПВ} = \sum_{i=1}^5 \text{ЧГП}_i - \text{І}^2, \text{ грн} \quad (4.3.2)$$

де ЧПВ – сума чистої приведенної вартості за інвестиційним проектом;

$\sum_{t=1}^5$ ЧГП – загальна сума дисконтованого чистого грошового потоку за інвестиційним проектом;

III – загальна теперішня вартість інвестиційних витрат за проектом.

Ставка дисконту, яка використовується в цих розрахунках, являє собою мінімальний рівень норми прибутку, нижче якого інвестор не вважає доцільним реалізацію інвестиційного проекту.

Розраховуємо чистий грошовий потік за формулою:

$$\times \tilde{\Delta I} = \Delta I - 0,23 \cdot \Delta I + \dot{A}_1, \text{ грн} \quad (4.3.3)$$

де A_m – амортизаційні відрахування

$$\text{ЧГП} = 138469,8 - 0,23 \cdot 138469,8 + 26457 = 133078,75$$

Визначаємо доцільність проекту з урахуванням дисконтування проекту протягом певного терміну служби.

Термін служби проекту визначається, виходячи з норми амортизаційних відрахувань на обладнання за рік ($H_a = 20\%$) за формулою:

$$T_{\text{сл}} = 100/H_a, \text{ роки}$$

$$T_{\text{сл}} = 100/20 = 5 \text{ років}$$

Визначаємо теперішню вартість за 5 років з урахуванням знецінення прибутків:

$$\times \tilde{\Delta I}_1 = \frac{133078,75}{(1+0,2)^1} = 110898,96 \text{ грн}$$

$$\times \tilde{A} \ddot{I}_2 = \frac{133078,75}{(1+0,2)^2} = 92415,8 \text{ \textasciitilde{d}i}$$

$$\times \tilde{A} \ddot{I}_3 = \frac{133078,75}{(1+0,2)^3} = 77013,17 \text{ \textasciitilde{d}i}$$

$$\times \tilde{A} \ddot{I}_4 = \frac{133078,75}{(1+0,2)^4} = 64177,64 \text{ \textasciitilde{d}i}$$

$$\times \tilde{A} \ddot{I}_5 = \frac{133078,75}{(1+0,2)^5} = 53481,36 \text{ \textasciitilde{d}i}$$

Всього за п'ять років:

$$\sum_{i=1}^5 \times \tilde{A} \ddot{I}_i = 110898,96 + 92415,8 + 77013,17 + 64177,64 + 53481,36 = 397986,93 \text{ \textasciitilde{d}i}$$

Визначаємо середній річний чистий приведений грошовий потік:

$$\times \tilde{A} \ddot{I}_\delta = \frac{\sum_{i=1}^5 \times \tilde{A} \ddot{I}_i}{5} = \frac{397986,93}{5} = 79597,39 \text{ \textasciitilde{d}i}$$

(4.3.5)

Чиста приведена вартість майбутніх прибутків:

$$\text{ЧПВ} = 397986,93 - 132285 = 265701,93 \text{ грн}$$

Є ще ряд показників оцінки ефективності інвестиційних проектів, які можна розраховувати на основі інформації про грошові потоки, пов'язані із їхньою реалізацією. Розглянемо такі показники, як індекс доходності інвестицій та період окупності інвестицій.

Індекс доходності інвестицій (ІДІ) потребує для розрахунку ту ж інформацію про дисконтовані грошові потоки, що й показник чистої приведеної вартості. Формула, за якою ведуться розрахунки індексу доходності за інвестиційним проектом, має такий вигляд:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^5 \frac{C_i}{(1+i)^t}}{I_0} \quad (4.3.6)$$

де $\sum_{i=1}^5 C_i$ – загальна сума дисконтованого чистого грошового потоку за інвестиційним проектом;

I_0 — загальна теперішня вартість інвестиційних витрат за проектом.

$$I = \frac{397986,93}{132285} = 3$$

Критерій прийняття інвестиційних рішень на основі розрахованого індексу доходності однаковий для всіх типів інвестиційних проектів: якщо значення цього показника перевищує одиницю, інвестиційний проект може бути прийнято до реалізації.

В нашому випадку індекс доходності за інвестиційним проектом $I > 1$, отже проект може бути прийнятим до реалізації. Показник періоду окупності інвестицій характеризує обсяг часу, необхідного для повного повернення інвестиційних витрат, пов'язаних із реалізацією проекту.

Загальна формула, за якою ведуться розрахунки періоду окупності інвестицій, має такий вигляд:

$$\text{ПОІ} = \frac{\text{ПІ}}{\text{ЧГП}_p}, \text{ роки} \quad (4.3.7)$$

де ПОІ – період окупності інвестицій за проектом;

ПІ – загальна теперішня вартість інвестиційних витрат за проектом;

ЧГП_p – середньорічна сума дисконтованого чистого грошового потоку за інвестиційним проектом.

Розраховуємо термін окупності початкових інвестицій простий за формулою:

$$\hat{\text{ПІ}}^2 = \frac{132285}{79597,39} = 1,66 \text{ доєè}$$

Підводячи підсумки розрахунку економічної ефективності даного проекту, можна сказати, що інвестиційний проект повинен бути рентабельним і приносити додаткові прибутки. Даний проект по розробці системи автоматизації апарату 2-ї сатурації цукрового заводу розрахований на додатковий прибуток, що повинно отримати підприємство і який становить 138469,8 грн.

Показник чистої приведеної вартості дає змогу порівняти між собою теперішню вартість майбутніх доходів від реалізації інвестиційного проекту (у фазі його експлуатації) з інвестиційними витратами, які необхідно здійснити в поточному періоді.

У даному інвестиційному проекті розробленої системи автоматизації чиста приведена вартість майбутніх прибутків складає 265701,93 грн.

Позитивне значення показника чистої приведеної вартості у даному випадку означає, що сума теперішньої вартості чистого грошового потоку за інвестиційним проектом перевищує поточну вартість інвестиційних витрат, тобто мета інвестування з фінансових позицій у цьому разі буде досягнута.

Виходячи з того, що показник чистої приведеної вартості даного проекту більший за нуль, інвестиційний проект вважається рентабельним і може бути прийнятим до реалізації.

Критерій прийняття інвестиційних рішень на основі розрахованого індексу доходності однаковий для всіх типів інвестиційних проектів: якщо значення цього показника перевищує одиницю, інвестиційний проект може бути прийнято до реалізації, і навпаки, якщо його значення менше ніж одиниця або дорівнює одиниці, інвестиційний проект має бути відхилений.

Індекс доходності в даному проекті становить 3, що підтверджує доцільність впровадження цього проекту.

Термін окупності системи автоматизації становить 1,66 роки, тобто менший строку служби проекту (5 років).

Враховуючи усі дані, проект можна вважати економічно ефективним та доцільним для впровадження у відділеннях дефекосатурації цукрових заводів з потужністю близько 1850 тон переробки цукрового буряку за добу.

Впровадження даного проекту розраховане на майбутній додатковий прибуток, який підприємство отримає після вдосконалення запропонованої у дипломному проекті системи автоматизації.

Техніко-економічні показники проекту занесені у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3. Техніко-економічні показники проекту

№ п/п	Показники	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проект
1	2	3	4	5
1	Виробнича потужність	тон цукру за добу	1850	1850

Продовження таблиці 4.3.

1	2	3	4	5
2	Виробнича програма: у натуральному виразі	тон	12460,75	12482,23
	у вартісному виразі	тис. грн	88471,33	88623,8
3	Середньоспискова чисельність ПВП	чол	732	731
4	Додаткові капітальні витрати (початкові інвестиції)	грн		132285

5	Додатковий прибуток	грн		138469,8
6	Період окупності інвестицій	роки		1,66
7	Індекс доходності			3

5 Заходи з охорони праці

Особливості організації охорони праці на підприємстві відіграють важливу роль. Простої та зниження ефективності праці, викликані аваріями, нещасними випадками на виробництві, професійними захворюваннями, не тільки уповільнюють виробничі процеси, а й стають причиною високих додаткових витрат для підприємства. Крім того, ці явища значною мірою негативно впливають на безпеку виробництва, якість продукції та ставлення до роботи працюючих.

Впровадження системи автоматизації апарату 2-ї сатурації цукрового заводу дозволить покращити умови праці та знизити небезпечний вплив несприятливих чинників на людину.

У даному розділі дипломного проекту проводиться аналіз умов праці оператора апарату 2-ї сатурації та пропонуються заходи безпеки, в яких враховані вимоги нормативно-технічної документації, зокрема НПАОП 1.8.10 – 1.24-86 “Правила охорони праці в цукровому виробництві”.

5.1 Аналіз умов праці. Наявність шкідливих та небезпечних факторів на робочому місці

Робоче місце оператора апарату 2-ї сатурації знаходиться як у виробничому приміщенні біля апаратів та засобів автоматизації по місцю, так і в операторському пункті, де розташований щит живлення і перетворювачів.

У виробничому приміщенні відділення дефекосатурації цукрового заводу присутні такі шкідливі та небезпечні фактори:

- наявність сірчистого ангідриду в повітрі робочої зони;
- наявність газів CO₂ та CO в повітрі робочої зони;
- інфрачервоне випромінювання;
- шум та вібрація;
- недостатній рівень освітленості робочої зони;
- електро- та пожежонебезпека;
- посудини, що працюють під тиском.

5.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничих приміщень та розміщення технологічного обладнання

Основні вимоги до будівель виробничого призначення визначені СНиП 2.09.02 – 85.

При плануванні виробничих приміщень необхідно враховувати санітарну характеристику виробничих процесів, дотримуватись норм корисної праці, а

також нормативів площ для розташування устаткування і необхідної ширини проходів, що забезпечують безпечну роботу та зручне обслуговування устаткування.

Об'єм виробничого приміщення на одне робоче місце згідно із санітарними нормами повинен складати не менше 15м^3 , а площа приміщення – не менше $4,5\text{м}^2$, а на одне робоче місце з відеодисплейним терміналом (ПУ) відповідно 20м^3 та 6м^2 .

Кожне виробниче приміщення повинне мати основний прохід шириною не менше 2м, який виходить на сходову площадку або на вулицю.

Всі виробничі, службові, складські та допоміжні будівлі і приміщення повинні постійно утримуватись в чистоті.

Проходи, виходи, коридори, тамбури не повинні бути зашарашені різними предметами та обладнанням. На випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей.

Всі основні зовнішні виходи необхідно обладнати тамбурами глибиною не менше 1,0м.

Покрівля виробничих приміщень незалежно від їх висоти і нахилу повинна мати по периметру огороження висотою не менше 1,0м і водостоки відповідно до СНиП 2.09.02-85.

Виробничі приміщення забезпечені первинними засобами вогнегасіння відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 та «Инструкций по пожарной безопасности предприятий сахарной промышленности».

Апарат 2-ї сатурації та допоміжне обладнання встановлено в головному корпусі цукрозаводу згідно вимог ГОСТ 12.3.002-75 “Ведомственных норм технологического проектирования свеклосахарных заводов”.

На першому поверсі відділення розміщені підігрівачі та збірники, ширина магістральних проходів – не менше 1,5м, між технологічними апаратами відділення – не менше 1,2м, між стінами і обладнанням – не менше 1м.

Ширина площадки між апаратами дефекосатурації повинна бути не менше 2,5м.

Для зручності обслуговування, ремонту та очищення апаратів змонтовані двохярусні технологічні площадки, які починаються з висоти 2,5м. Сходи, що ведуть на площадки, які розташовані вище 1,5м, мають нахил не більше 50°. Висота вільного проходу в місцях розташування площадок для обслуговування складає 2,2м.

Пункт керування апаратом 2-ї сатурації знаходиться в окремому приміщенні, який має розміри 4000×5000×2800мм. Поблизу нього відсутні:

- пожежо- та вибухонебезпечні технологічні процеси;
- джерела сильного шуму та вібрації;
- джерела інтенсивних виділень теплоти, шкідливих газів, парів та пилу;
- об'єкти з підвищеною вологістю повітря (душові, санвузли).

5.3 Мікроклімат виробничого середовища

На виробничих ділянках виробництва на самопочуття, стан здоров'я людини впливає мікроклімат виробничих приміщень, який визначається дією на організм людини температури, вологості, швидкості руху повітря і теплового випромінювання.

Теплові апарати, що використовуються на підприємствах, є джерелом інфрачервоного випромінювання. Останнє негативно впливає на функціональний стан нервової системи, викликає зміни у серцево-судинній системі, негативно впливає на очі людини, викликає кон'юнктивіт, помутніння рогівки і таке професійне захворювання, як катаракта.

Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до прискорення серцебиття та зниження артеріального тиску.

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі.

Для робочої зони виробничих приміщень встановлюються допустимі мікрокліматичні умови з урахуванням важкості виконуваної роботи та періоду року.

Процеси очищення соку проводять у виробничих приміщеннях, в яких забезпечуються метеорологічні умови згідно з ГОСТ 12.1.005-88. “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”. Робота оператора апарату 2-ї сатурації за енерговитратами організму відноситься до категорії Іа (ДСН 3.3.6.042 – 99).

У таблиці 5.1 наведені допустимі величини мікрокліматичних параметрів станції дефекосатурації цукрового заводу.

Таблиця 5.1. Допустимі параметри повітряного середовища

Кат егорія робіт за тяжкістю	Пері од року	Температура		Від нона воло- гість, ф, %	Шви д-кість руху, V, м/с
		Верхня межа	Нижня межа		
		Робоче приміщення			
Робота середньо ї важкості Іа	Тепл ий	27	18	65	0,2.. 0,4
	Холо І дний	23	17	≤7 5	до 0,3

На пультах і постах керування технологічними процесами під час виконання робіт операторського типу слід дотримуватися оптимальних величин

температури повітря 22...24°C, його відносної вологості 40...60% і швидкості руху повітря не більше 0,1м/с.

Параметри мікроклімату і чистота повітря на дільниці очищення соку забезпечуються теплоізоляцією корпусів і збірників та загальнообмінною змішаною припливно-витяжною вентиляцією, яка змонтована у відповідності з вимогами СНиП2.04.05-91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”.

Забирання забрудненого повітря здійснюється за допомогою аераційного ліхтаря, а подача свіжого – механічним вентилятором із підігрівом у холодний період. Кратність обміну повітря становить 3 рази на годину. У повітрі виробничої зони відділення мають місце шкідливі речовини, серед яких найбільший вміст припадає на сірчистий ангідрид SO₂. Згідно ГОСТ 12.1.005-88 гранична допустима концентрація SO₂ складає 10мг/м³. Фактична концентрація SO₂ становить 6-8мг/м³, що не перевищує допустиму.

Захист від опіків та інфрачервоного випромінювання здійснюється за рахунок теплоізоляції гарячих поверхонь. Температура на поверхні теплоізоляції не перевищує 40..45°C.

В операторському пункті керування оптимальні параметри мікроклімату та чистота повітря забезпечуються встановленням кондиціонера.

5.4 Шум та вібрація

Виробничий шум — це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що виникають у повітряному середовищі і безпосередньо впливають на працездатність людини.

Постійна дія шуму на людину в процесі праці негативно впливає не тільки на слух, але й викликає інші шкідливі наслідки – запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

У виробничому приміщенні станції дефекосатурації цукрозаводу присутні шум та вібрація, основними джерелами яких являються двигуни насосів відділення.

Допустимі величини виробничого шуму повинні відповідати ГОСТ 12.1.003-83, рівень шуму на робочому місці оператора апарату 2-ї сатурації не повинен перевищувати 80дБА.

Допустимі рівні вібрації повинні відповідати ГОСТ 12.1.012-90.

Рівень загальної вібрації на робочих місцях у виробничих приміщеннях не повинен перевищувати 92дБ. Фактичні значення допустимих величин шуму та загальної вібрації на робочому місці оператора апарату 2-ї сатурації значно менші нормованих величин.

Класифікація засобів і методів боротьби із шумом приводиться в ГОСТ 12.1.029-80 “ССБТ. Способы и методы защиты от шума. Классификация”.

Важливе профілактичне значення мають організаційно-технічні заходи, такі як своєчасний ремонт, догляд та відповідне утримання обладнання. Зменшення шуму у виробничому приміщенні сокоочисного відділення для джерел шуму забезпечується своєчасною заміною зношених деталей, усуненням люфтів, своєчасним змащуванням окремих деталей, проведенням своєчасного контролю та ремонту обладнання.

Для зниження рівня вібрації машини і агрегати відділення встановлені на віброізолюючі фундаменти.

У пункті управління передбачені наступні заходи щодо зниження впливу шуму та вібрації на оператора апарату 2-ї сатурації цукрового заводу:

- розташування пункту управління в окремому приміщенні;
- облицьовування стелі та стін звукопоглинаючими матеріалами;
- встановлення щитів на гумові амортизаційні прокладки;
- встановлення кондиціонера за межами пункту управління.

5.5 Виробниче освітлення

Освітлення на робочих місцях здійснює багатоплановий вплив на працівника, зокрема на його емоційний стан, працездатність і безпеку праці.

Недостатнє освітлення може призводити до неадекватного сприйняття об'єктів. Разом з тим перевищення певних меж освітлення може викликати осліплення і зниження працездатності.

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли б підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно здійснювати засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частої переадаптації органів зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- контраст поверхонь, що освітлюються, повинен бути достатнім для розрізнення деталей;
- освітлення повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути природним, штучним і суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Освітлення у виробничих і побутових приміщеннях, а також на території підприємства повинне відповідати вимогам СНиП II-4-79.

У відділенні очищення дифузійного соку присутні природне комбіноване освітлення, яке здійснюється через односторонні бокові віконні прорізи та аераційний ліхтар, коефіцієнт природного освітлення становить КПО – 5%.

В пункті керування присутнє одностороннє бічне природне освітлення, КПО – 1,5%

Для освітлення робочого приміщення та пункту керування в нічний час використовують штучне освітлення за допомогою люмінесцентних ламп. Рівень освітленості загальної системи освітлення становить:

- на дільниці – 100 лк;
- в пункті керування – 200лк.

Рівень аварійного освітлення, що виконується світильниками з лампами розжарювання у виробничому приміщенні та операторському пункті становить $E_a = 8$ лк.

5.6 Вимоги безпеки до технологічного процесу та обладнання

Оснащення обладнання у виробничому приміщенні відділення дефекосатурації цукрового заводу та його безпечна експлуатація відповідає вимогам ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. "Оборудование производственное. Общие требования безопасности".

Подача вуглекислого газу в апарати 1-ї та 2-ї сатурації повинна бути автоматизована.

Засоби безпеки при обслуговуванні процесів дефекосатурації повинні бути розроблені з урахуванням місцевих умов на цукровому заводі.

Згідно вимог ГОСТ 12.2.003-91 “ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности” апарати 1-ї та 2-ї сатурації повинні бути укомплектовані:

- кранами, які забезпечують безпечний відбір проб соку в зручних для обслуговування місцях;

- пристроями для гасіння піни;

- витяжними трубами;

- переливними трубами без запірних органів;

- запірною арматурою;

- покажчиками рівня.

Апарати 1-ї та 2-ї повинні бути обладнані витяжними трубами, які виведені на покрівлю цеху на висоту не менше 2м, піногасниками і переливними трубами без встановлених запірних органів.

Конструкція апаратів 1-ї і 2-ї сатурації повинна виключати проникнення сатураційного газу в зону обслуговування.

Переливні ящики апаратів 1-ї та 2-ї сатурації повинні бути щільно закриті кришками і з'єднані витяжною трубою з верхньою частиною апарата; кришки ящиків повинні зніматися.

Апарати 1-ї та 2-ї сатурації повинні бути обладнані трубопроводом для чересного зливу з переливного ящика.

Апарати 1-ї та 2-ї сатурації відносяться до особливо небезпечного устаткування. Очищення та ремонт сатураційних апаратів потрібно проводити у відповідності до вимог НПАОП 1.8.10–1.24–96 “Правил охорони праці у цукровому виробництві”.

Очищення сатураційних котлів повинно виключати застосування ручної праці шляхом розроблення та запровадження конструкції решіток, які забезпечують механічне виведення накипу або засобів для хімічного очищення накипу в апаратах.

5.7 Електробезпека

Електроустановки споживачів повинні відповідати вимогам “Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів” і “Правил техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів”, а також інших стандартів безпеки праці та нормативних документів.

Відділення дефекосатурації цукрового заводу відповідно ПУЕ за ступенем ураження електричним струмом відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою.

Виконання електродвигунів, пускової та захисної апаратури, електроосвітлювальної апаратури та електричних мереж повинні відповідати виду виробництва, категорії його приміщень та зон щодо вибухопожежної безпеки та умовам оточуючого середовища.

Встановлені пускові прилади повинні бути розраховані на максимальну силу струму електричного двигуна.

Дверцята шаф або ящиків з електроапаратурою повинні замикатись за допомогою спеціального ключа або замка. Ключі повинні вийматись та

знаходиться у чергового електротехнічного персоналу. Ввідні, відгалужувальні, протяжні і інші коробки електроустаткування і мережі повинні бути щільно закриті накривом. Незалежно від засобу захисту на всіх дверцятах (накривах) шаф, ніш тощо з електроустаткуванням напругою понад 42В, а також на огорожах, які закривають електроапаратуру, повинні бути нанесені попереджувальні знаки електричної напруги, що виконані у відповідності з ГОСТ 12.4.026-76. На дверцятах повинен також бути наведений перелік устаткування, що відповідає електричній апаратурі.

Розподільчі пристрої повинні мати чіткі написи, що вказують призначення окремих ланцюгів та панелей.

Написи повинні виконуватись на лицьовій поверхні пристрою, а при обслуговуванні з обох боків — також на його задній поверхні.

В розподільчих пристроях повинна бути забезпечена можливість встановлення переносних заземлень.

Заміна плавких вставок запобіжників під напругою та встановлення некаліброваних вставок без маркування величини номінального струму не дозволяється.

Для забезпечення умов безпечності людей від ураження електричним струмом, захисту електрообладнання і електроустановок від перенапруги у відповідності до вимог ПУЕ повинні бути споруджені заземлюючі пристрої, до яких повинні бути надійно підключені металеві частини електроустановок та корпуси електрообладнання, які внаслідок порушення ізоляції можуть опинитися під напругою.

Заземлення електроустановок необхідно виконувати:

1) при напрузі 500В і вище змінного і постійного струму в усіх випадках;

2) при напрузі змінного струму вище 42В і постійного струму вище 110В, у приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і у зовнішніх електроустановках ПУЕ;

3) при всіх напругах змінного і постійного струму у вибухонебезпечних приміщеннях.

До частин, які підлягають заземленню, відносяться:

1) корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників тощо;

2) приводи електричних апаратів;

3) вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;

4) каркаси розподільних щитів, щитів управління, щитів і шаф;

5) металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні конструкції, металеві корпуси кабельних муфт, металеві оболонки проводів, сталеві труби електропроводки та інші металеві конструкції, що зв'язані з установкою електрообладнання;

6) металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів;

7) металеві корпуси арматури світильників, вимикачів і штепсельних розеток.

Кожний заземлюючий елемент установки повинен бути приєднаний до заземлювача або заземлюючої магістралі за допомогою окремого відгалуження.

Послідовне включення у заземлюючий провідник декількох заземлюючих частин установки не дозволяється.

Виробничі будівлі і споруди повинні мати блискавковідвід у відповідності до категорії обладнання блискавковідводу, вказаного в РД 34.21.122-87.

Захист від статичної електрики повинен бути здійснений у відповідності до “Правил защиты от статического электричества в сахарной промышленности”.

Величина опору заземлюючого пристрою, призначеного виключно для захисту від статичної електрики, не повинна перевищувати 100Ом.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки потрібно користуватись інструментом напругою не вище 220В, у приміщеннях з підвищеною небезпекою – не вище 42В, в особливо небезпечних приміщеннях – не вище 12В.

Рівень електробезпеки визначається наявністю заземлюючого контуру, до якого повинно бути приєднано технологічне обладнання ділянки.

5.8 Пожежна безпека

Пожежна безпека підприємства повинна відповідати вимогам Закону України “Про пожежну безпеку”, Правилам пожежної безпеки в Україні та вимогам відповідних нормативних актів.

Обов'язки власників по забезпеченню пожежної безпеки встановлені в “Правилах пожежної безпеки в Україні”.

На вхідних дверях виробничих приміщень повинні бути виконані надписи категорії приміщення по вибухопожежній та пожежній небезпеці у відповідності з ОНТП 24-86 та класів зон за ПУЕ, а також прізвище та посада особи, відповідальної за пожежну безпеку.

На кожному цукровому заводі має бути виконана класифікація виробничих приміщень і споруд за категоріями по вибухопожежній та пожежній небезпеці у відповідності з ОНТП 24-86 і класів приміщень та зон за ПУЕ “Правила улаштування електроустановок”.

Приміщення відділення дефекосатурації цукрозаводу відноситься до категорії “Д” та класу пожежної зони П-II.

Система запобігання пожежі у відділенні дефекосатурації цукрового заводу передбачає:

- 1) дотримання пожежної безпеки при експлуатації електроустановок;
- 2) роботу на обладнанні без перенавантажень;
- 3) дотримання вимог пожежної безпеки при виконанні робіт з відкритим вогнем;
- 4) наявність системи захисту від атмосферної та статичної електрики;

5) періодичне проведення інструктажів з пожежної безпеки;

6) наявність інструкцій з протипожежної безпеки у приміщеннях.

У відділенні дефекосатурації повинна бути опрацьована інструкція щодо заходів пожежної безпеки і схеми евакуації людей з приміщення, затверджена власником, вивчена в системі виробничого навчання та вивішена на видному місці.

Список використаної літератури

1. Луцька Н.М. Сучасні технології проектування інтелектуальних систем керування [Електронний ресурс] конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-професійної програми «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» денної та заочної форм навчання / Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк К.: НУХТ, 2019. – 117 с.
2. Ицкович Э.Л. Методы комплексной автоматизации производства предприятий технологических отраслей / Э.Л. Ицкович. – М.: КРАСАНД, 2013. – 232 с.
3. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» денної та заочної форм навчання / Уклад.: А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, Я.В. Смітюх, В.Д. Кишенько.[Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2020. – 70 с.
4. Проектування систем автоматизації галузі [Електронний ресурс]: Метод. рекомендації до викон. курс. проекту для студ. освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціалізації «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» ден. форм навч. / уклад.: Трегуб В.Г., Луцька Н.М., А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2017. – 48 с.
5. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2006. –552 с.
6. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2009. – 944 с.
7. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. URL: <http://www.slideshare.net/pupenasan/kpi-oee>.

8. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Ліра-К, 2011. – 552 с.
9. Пупена О.М. [Електронний ресурс]: Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт. ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. – К.: НУХТ, 2016. – 135 с.
10. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: [підручник] / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2016. – 136 с.
11. Фёдоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие / Ю.Н. Фёдоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.
12. A Practical Guide to SysML. The Systems Modeling Language. 2-d ed / Sanford Friedenthal, Alan Moore, Rick Steiner, Elsevier Inc. 2012.
13. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Б90 Язык UML. Руководство пользователя. 2-е изд.: Пер. с англ. Мухин Н. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 496 с.
14. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
15. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
16. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
17. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
18. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.