

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)

(підпис) (прізвище та ініціали)

« » _____ 20 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище та ініціали)

«10» лютого 201 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: Автоматизація технологічного комплексу виробництва квасу
використанням інтелектуальних підсистем

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

Павленко Андрій Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Ладанюк Анатолій Петрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач

(підпис)

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

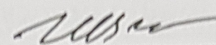
Освітній ступінь «Магістр»

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

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

 Т.В.Ельперін

«18» листопада 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Павленка Андрія Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизація технологічного комплексу виробництва квасу з використанням інтелектуальних підсистем

керівник роботи к.т.н. проф. Ладанюк Анатолій Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» листопада 2020 р. № 953 кс

2. Строк подання здобувачем роботи «9» лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

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

Вступ. Розділ 1 – Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний огляд літератури та постановка задач дослідження. Розділ 2 Загальносистемні рішення. 2.1. Розробка підсистеми управління технологічним 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). Розділ 3 Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК. 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. Аналіз результатів роботи системи. 3.4.3. Побудова нечіткого регулятора. 3.4.4. Створення інтелектуальної підсистеми на основі нейро-нечітких мереж. Висновок.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації. 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

6. Дата видачі завдання 18 жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1. Аналіз технології та існуючих АСК технологічним об'єктом	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2. Розробка схеми автоматизації та вибір технічних засобів автоматизації	3 тиждень	
4	Розділ 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.	5 тиждень	
5	Розділ 2. Розробка діаграм на мові SysML функцій, що інтелектуалізуються	7 тиждень	
6	Розділ 3. Розробка інтелектуальної системи керування розпізнавання	11 тиждень	

Здобувач _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

Павленко А.О.

Ладанюк А.П.

Анотація

В дипломному проекті розглядається автоматизація технологічного комплексу виробництва квасу з використанням інтелектуальних підсистем.

В проекті представлено опис технологічного процесу приготування квасу із квасного сусла, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму з інтелектуальною підсистемою для приготування квасу із квасного сусла. Програма розроблена для ОВЕН ПЛК110.

Ключові слова: автоматизація технологічного комплексу виробництва квасу, квасного сусла, етапи виробництва квасу, SCADA, ОВЕН ПЛК 110.

Annotation

The diploma project considers the automation of the technological complex of kvass production using intelligent subsystems.

The project presents a description of the technological process of kvass preparation from kvass wort, automation scheme, specification of technical means of automation, scheme of connection of sensors and actuators to the PLC and extended schemes of connection of technical means.

An algorithm and a program with an intelligent subsystem for making kvass from kvass wort have been developed. The program is designed for ARIES PLC110.

Key words: automation of technological complex of kvass production, kvass wort, stages of kvass production, SCADA, ARIES PLC 110.

ВСТУП	
Розділ 1 – Характеристика об’єкта дослідження, аналітичний огляд літератури та постановка задач дослідження.....	
Розділ 2 – Загальносистемні рішення	
2.1. Розробка підсистеми управління технологічним 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).....	
Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК	
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. Аналіз результатів роботи системи.....	
3.4.3. Побудова нечіткого регулятора	
3.4.4. Створення інтелектуальної підсистеми на основі нейро-нечітких мереж.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	

ВСТУП

Схемою автоматизації враховується автоматизація провідних технологічних процесів. Хлібний квас – являється одним із найпопулярніших напоїв, який має приємний запах житнього хліба з кислувато-солодким присмаком. Він охоплює різні продукти спиртового і молочнокислого бродіння, які привласнюють йому освіжаючий вплив і своєрідний кислуватий смак. При виробництві квасу потрібно автоматичне дозування компонентів, регулювання і сигналізація значень в збірниках ККС, солодкого сиропу, закваски, в настійному і бродильно-купажних апаратах, вимір витрати ККС, вимір і регулювання температури води, що надходить в апарати, квасного сусла в бродильно-купажній установці і квасу згодом теплообмінника, вимір числа солодкого сиропу, квасного сусла і закваски, що надходить до бродильно-купажної установки, вимірювання тиску повітря в бродильно-купажній установці, щільності і кислотності квасу, числа виготовленого квасу, що направляється на розлив, тиску води в трубопроводі. Ще потрібно дистанційне та місцеве керування електродвигунами насосів, вентилями і виконавчими механізмами[1].

В останні роки програми розвитку в нашій країні направлене на розвиток підприємств, малого та середнього бізнесу з застосуванням інноваційних технологій. Стосовно промисловості з виробництва квасу, компанія ТОВ «Квас Бевериджиз» є найбільшим в Україні виробником квасу, яка знаходиться у Запоріжжі. Розвиток даної сфери пов'язаний з переходом на більш високі показники якості сировини, яка переробляється, збільшення об'ємів продукції, а також зменшення ручної праці. Саме ці фактори показують, що не можливо без автоматичного контролю та управління основними технологічними процесами на підприємствах.

Магістерська робота присвячена автоматизації технологічного процесу виробництва хлібного квасу з використанням інтелектуальних підсистем. Квас - харчовий продукт з яскраво вираженими потрібними якостями, він заможний вітамінами, в які входять вітаміни групи В. Крім того, харчова значення цього напою

бродиння доповнюється перебуванням органічних кислот та інших продуктів життєдіяльності дріжджів і молочно-кислих бактерій.

Огляд науково-технічної літератури зарекомендував, власне що до теперішнього часу не було наукових справ приурочених до всеохоплюючої автоматизації виготовлення квасу, де в автоматичному режимі проходив би самий ключовий технологічний процес - бродіння. Всі наявні розробки в цій галузі пов'язані або з вибірковою механізацією, або з сигналізацією про протікання процесу, але вони дають можливість лише тільки спростити робочу силу. Для створення цілком автоматичної системи потрібно вирішити проблему автоматизації вимірювань, тому що лабораторні методи не дають можливість проводити процес бродіння і, відповідно до цього, цілий технологічний цикл в автоматичному режимі. Вивчення і моделювання наданого технологічного процесу дозволять зробити автоматичну систему управління всім технологічним ходом виготовлення квасу.

Проблеми збільшення продуктивності біотехнологічних процесів на основі нових технологічних способів, синтезу систем з використанням методів математичного моделювання, ідентифікації та адаптивного управління приурочені до наукових вивчень науковців таких як : Уткіна В.И., А.М., Шубладзе Бірюкова В.В., Лубенцова В.Ф., Балакірева В.С., та інші. Втім, недоступність системного підходу до вивчення і методологічних підходів до створення і управління САУ ходом бродіння при виробництві квасу знижують ефективність висновків завдань по автоматизації процесів , процесів виробництва квасу і роблять зазначену проблему досить актуальною[2].

Метою цієї роботи вважається розробка методологічного підґрунтя автоматичного управління виробництвом квасу з використанням інтелектуальних підсистем. Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені і вирішені належні завдання:

- класифікація та оснащення АСУ ходом виготовлення квасу ,

- структурна ідентифікація об'єкта вивчення і розробка математичної моделі процесу бродіння при виробництві квасу ,

- технічне здійснення модернізованої системи управління ходом виготовлення квасу ,

- постановка і рішення задачі раціонального управління ходом виготовлення квасу.

Для вирішення встановлених в роботі наукових завдань були застосовані способи теорії автоматичного управління, статистичного аналізу даних, математичного та імітаційного моделювання та сучасні комплекси програм.

Наукова новизна полягає в належному :

- Методологічний підхід до вибору раціонального управління ходом виготовлення квасу

- Технічні висновки, прийняті при реалізації автоматичних систем для виготовлення квасу.

Завданням магістерського проекту вважається вибір засобів автоматичного контролю характеристик і засобів автоматизації технологічного процесу виготовлення хлібного квасу. Автоматизація технологічного процесу виготовлення квасу гарантує збільшення продуктивності праці, зниження виробничих втрат, покращує умови праці обслуговуючого персоналу.

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

Загалом при виробництві квасу, в основу процесу закладено процес виготовлення на базі концентрованого квасного суслу (ККС).

ККС- це продукт, придбаний шляхом випаровуванням та тепловою обробкою, як правило, квасного суслу з житнього солоду , а якщо таких не має, з інших зернових. ККС вважається більш сприятливим прикладом для виробництва квасу.

Видатні якості застосування ККС являються очевидними в порівнянні з чистим зерном:

- Випускається на призначених, саме кажучи, фабриках або ж майстерень, завдяки чому містить порівняно стійкий склад;

- містить досить величезний і сприятливий термін зберігання;

- можливо транспортувати у вантажному транспорті на досить великі відстані;

- абсолютно, найменші витрати при застосуванні у виробництві квасу.

Зазвичай ККС виробляли з зернового житнього продукту: ферментованого житнього, і неферментованого, зокрема, солоду і житнього борошна. Втім бажання виробників збільшити ефективність виготовлення ККС привело до того , що до складів рецептів стали додавати ячмінне і кукурудзяне борошно. Всі ці види зернових товарів дозволені по суті діючим стандартом на ККС.

На даний час, як правило, концентрат квасного суслу виготовлюється величезною чисельністю компаній, звичайно, по різним схемами, що відрізняються набором сировини, технології та оснащення для його виготовлення, а, це значить, що продукт отримують, зокрема, з різним складом і рисами.

Найвідоміші дві схеми виготовлення ККС:

- із свіжого пророщеного житнього солоду а, саме, житнього борошна;

- з суміші сухих зернових продуктів: житній і ячмінного солоду і, саме, житнього борошна; житнє борошно можливо поміняти, як правило, кукурудзяним або ж ячмінної борошном.

Кукурудзяна мука, як правило, має мало білків і полісахаридів та й без крохмалю, в наслідок цього концентрат, набутий при його споживанні, зазвичай, містить відсутнє забарвлення, беззмістовний смак. Ця підміна житньої муки кукурудзяною, на мою думку, не має можливість бути закінченою.

Періоди виготовлення ККС:

а) підготовка зернових продуктів;

б) подріблення зернових продуктів;

в) фільтруюча пробка і сусло яке кипить;

г) випаровування квасного сусла;

д) теплова обробка ККС;

е) заливка ККС.

Особливості виготовлення і подріблення зернових товарів, безперечно, знаходяться в залежності від набору сировини, що застосовується, на мою думку, у виробництві ККС.

Процес виробництва квасу включає в себе такі етапи:

1. Підготовка бактерій
2. Варка цукрового сиропу
3. Зброджування
4. Варка колеру

5. Купажування

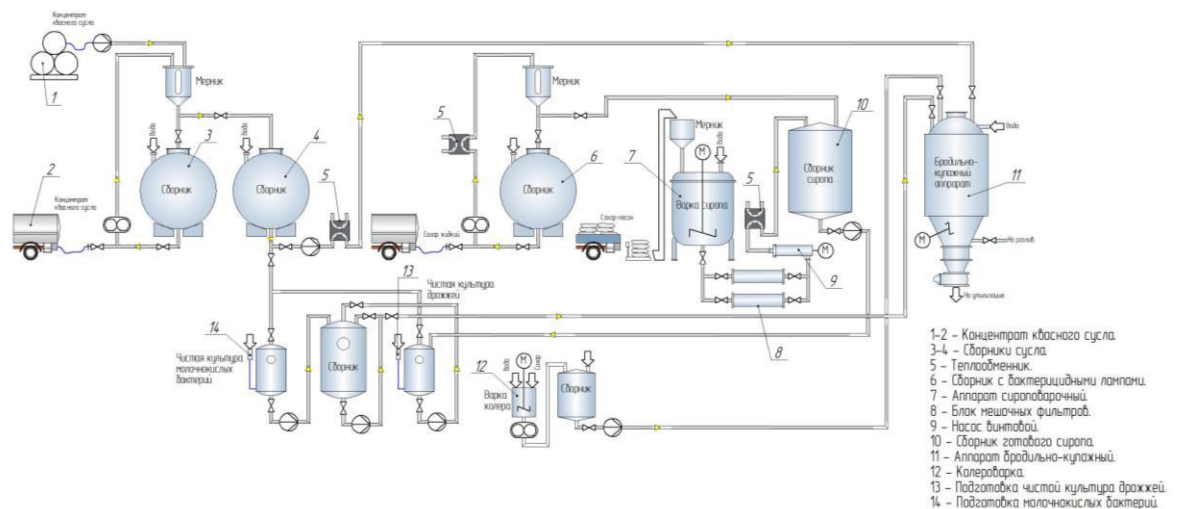


Рисунок 1.1. Технологічна схема виробництва квасу

Для приготування кvasного суслу використовують збагачений концентрат суслу, цукровий сироп, комбіновану дріжджову і закваску молочнокислих бактерій або дріжджі. Попередньо концентрат кvasного суслу пастеризують при температурі 75-80 ° С.

Допускається пастеризація при даному режимі розведеного водою концентрату кvasного суслу. Потім розведений концентрат кvasного суслу (1,2% сухих речовин) охолоджують до 20 ° С і 70% від загального обсягу перекачують в ЦКА, а 30% його використовують при купажуванні квасу.

Цукровий сироп з концентрацією сухих речовин 60-65% готують у відповідності з «Технологічною інструкцією з виробництва безалкогольних напоїв та квасу», а комбіновану дріжджову і закваску молочнокислих бактерій - у відповідності з «Технологічною інструкцією по розведенню чистих культур дріжджів і молочнокислих бактерій в виробництві квасу». Хлібопекарські дріжджі готують з пресованих дріжджів розведенням концентрату кvasного суслу в співвідношенні 1: 10 і цукрового сиропу. Масова частка сухих речовин у суслі повинна становити 8 г на 100 г суслу.

Підготовлене дріжджове сусло витримують 3 год при температурі 26-30 °С, потім перекачують в ЦКА. Розведений концентрат квасного сусла при температурі 20 °С перекачують в нижню частину ЦКА апарату при відкритому повітряному вентилі, розташованому у верхній частині. З метою інтенсифікації бродіння комбінують дріжджову і закваску молочнокислих бактерій або хлібопекарські дріжджі додають в другу порцію розведеного концентрату квасного сусла при температурі 28 °С. Потім в ЦКА додають 25% загального розрахункового цукрового сиропу з концентрацією сухих речовин 60- 65%. Фізико-хімічні показники сусла в ЦКА визначають після ретельного перемішування суміші за допомогою центробіжного насоса. При цьому враховують масову частку сухих речовин, кислотність і температуру.

Повітряний вентиль закривають. Тиск у верхній частині ЦКА при бродінні сусла не повинен перевищувати 0,065 МПа (0,65 атм). Бродіння сусла в ЦКА відбувається при температурі 28 °С і періодичному перемішуванні за допомогою мішалки (20-60 хв через 2 ч) до зниження масової частки сухих речовин в квасі на 1 г в 100 г зброженого сусла і до зниження кислотності не нижче 2 мл розчину гідроокису натрію концентрацією 1,0 моль / дм³, що витрачаються на титрування 100 мл сусла. Після закінчення бродіння квасу за допомогою сорочок і виносного пластинчастого теплообмінника охолоджують його до температури 5-7 °С, потім випускають з нижньої конічної частини апарату дріжджовий осад.

Після цього купажирують квас дозуючи в апарат 75% решти цукрового сиропу і 30% концентрату квасного сусла. Суміш ретельно перемішують за допомогою насоса. З метою збільшення терміну зберігання квасу в ЦКА при тимчасовому зниженні споживчого попиту рекомендується надглибоке охолодження апарату (до температури 4-5 °С). Після перевірки якісних показників квасу (згідно з вимогами ДСТУ 18-118-82), його охолоджують і перекачують в збірники-мірники, встановлені перед розливальними машинами для розфасовки квасу в пляшки або безпосередньо в підготовлені автотермоцистерні. У торговельну мережу

автотермоцистерни відправляють герметично закупореними і з опломбованими люками і кранами, при цьому обов'язково вказують дату розливу.

ЦКА повинні бути оснащені термометрами, манометрами, рівнемірами в апаратах, запобіжним клапаном, запірною арматурою і охолоджувальними сорочками.

Так як даний проект автоматизації повинен підвищити продуктивність, та якість протікання процесу виробництва квасу, тому більше про нього.

Підготовка бактерій і дріжджів потрібна для нормального зброджування в бродильному чані. Бактерії і дріжджі готують в лабораторії потім їх добавляють до квасного суслу в збірник підготовки молочнокислих бактерій і підготовки чистої культури дріжджів де їх витримують під певною температурою.

Варка цукрового сиропу потрібна для того, якщо сироп закінчився, або його не завезли на підприємство по якимось причинам. Варка починається з того що, чан заповнюють розсолем, и нагрівають його паром до 80 °C і потім починають додавати цукор до того моменту доки сироп не досягне певної концентрації, потім сироп фільтрується і охолоджується в теплообміннику до 40 °C і зберігається при цій температурі в збірнику цукрового сиропу №2.

Зброджування потрібне для купажування в купажному апараті. Зброджування починається с того, що зі збірників підготовки молочних бактерій і підготовки чистої культури дріжджів зливають до купажного апарату №2 и добавляють до нього цукровий сироп де для початку бродіння температуру піднімають на короткий час для запуску процесу бродіння, а потім зменшують і підтримують до повного зброджування.

Варка колера починається з того, що чан наповнюють розсолем нагрівають, потім починають змішувати з цукром до певної концентрації, коли концентрація буде відповідна тоді колір перекачують до збірника

Купажування відбувається наступним чином: купажний апарат №1 наповнюють квасним суслем, потім змішують з бродильною сумішшю, після цього з нижньої частини апарату зливають дріжджі і додають колір і перемішують і потім охолоджують усю суміш, та відкачують на розлив .

1.1 Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра

Метою даної кваліфікаційної роботи магістра являється розробка системи автоматизації процесу виробництва квасу з використанням інтелектуальних технологій та сучасних технічних засобів автоматизації.

Рефрактометр — пристрій, що вимірює показник заломлення світла в середовищі. Рефрактометрія (рефрактометричний метод) використовується для ідентифікації хімічних сполук, кількісного і структурного аналізу, визначення фізико-хімічних характеристик препаратів.

Існує 4 головні типи рефрактометрів:

- традиційний ручний рефрактометр (заснований на явищі повного внутрішнього відображення)
- цифровий ручний рефрактометр (такий самий принцип, що і в першому випадку, тільки світло з світлодіодів фокусується на внутрішній поверхні призми)
- лабораторний, або рефрактометр Аббе;
- рефрактометр, на одній лінії з потоком рідини

Область застосування:

- Вимірювання вмісту спирту в алкогольних продуктах;
- Визначення числа цукру і ліків в розчинах;
- Налаштування якості харчових продуктів;

Беззаперечним показником заломлення називають відношення швидкості проходження світла у вакуумі до швидкості проходження світла в речовині, що вивчається.

На практиці визначають відносний показник заломлення — відношення швидкості проходження світла в повітрі до швидкості проходження світла в речовині або відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення $n = v_1/v_2 = \sin \alpha / \sin \beta$, де v_1 — швидкість проходження світла в повітрі; v_2 — швидкість

проходження світла в речовині; α — кут падіння; β — кут заломлення. Показник заломлення залежить від довжини хвилі світла, температури, агрегатного стану, а також від концентрації речовини і природи розчинника, якщо визначають розчини.

Рефрактометр застосовується для ідентифікації речовини; для кількісного визначення одно-, дво- і багатокомпонентних сумішей для визначення якості сумішей препаратів і термінів їх збереження.

Визначення найчастіше проводять при температурі 20°C і довжині хвилі D лінії спектра атома натрію ($\lambda = 589,3$ нм). Показник заломлення, визначений у таких умовах, позначають n_{20D} . Зазвичай вимірювання показника заломлення виконують на рефрактометрах типу Аббе, дія яких ґрунтується на визначенні кута повного внутрішнього відбиття при проходженні світлом межі між двома середовищами з різними показниками заломлення. Діапазон вимірювання показника заломлення від 1,3 до 1,7, а точність визначення $\pm 2 \cdot 10^{-4}$. Менш поширені на практиці рефрактометри типу Пульфриха, дія яких побудована на вимірюванні кута заломлення монохроматичного світла, що забезпечує високу точність визначення показника заломлення $\pm 2 \cdot 10^{-5}$, але потребує значної кількості досліджуваного розчину і монохроматора світла.

Визначити концентрацію розчинів речовин рефрактометричним методом за двома способами: розрахунковим та графічним. При розрахунковому способі використовують формулу, що відображає залежність між концентрацією розчину та його показником заломлення: $n = n_0 + F \cdot C \rightarrow C = (n - n_0)/F$, де n — показник заломлення розчину; n_0 — показник заломлення розчинника; F — рефрактометричний фактор; C — концентрація розчину (%).

Рефрактометричний фактор (F) показує зміну показника заломлення при зміні концентрації розчину на 1%. Його встановлюють експериментально або завдяки розрахункам за таблицями показників заломлення. Коли використовують графічний спосіб визначення концентрації розчину речовини будують

калібрувальний графік у координатах n-C, вимірюють показник заломлення розчину і за графіком знаходять концентрацію яка потрібна. Рефрактометричний метод використовують на практиці для кількісного визначення концентрації речовин водних та неводних розчинів, органічних та мінеральних кислот, солей, концентрації етилового спирту, гліцеролу, для визначення вмісту білка в крові та ін.

Промисловий рефрактометр CM-800 alpha



Рисунок 5.1 – Вигляд промислового рефрактометр CM-800 alpha

Даний прилад призначений для вимірювання концентрації речовин промисловим способом, тобто у виробництві, безпосередньо в технологічному потоці. Такі прилади ставляться "на трубу" або монтуються в стінку збірника. Прилад виводить дані на екран за шкалою % Brix. Живлення приладу здійснюється

від зовнішнього джерела живлення - AD-34 (Опція). Призма рефрактометра виготовлена з високоякісного штучного сапфіра, який має стійкість до механічних пошкоджень.

Точний прилад для вимірювання в широкому діапазоні. Індикація приладу показує діапазон від мінус двох (-2) до 80% Brix. Має два виходи - вихід RS-232C і аналоговий вихід 4-20 мА. Клас захисту - IP64. Вимірювальна частина приладу витримує теплові навантаження в діапазоні -30 ... +150 градусів за Цельсієм і тиск до 10 атм.

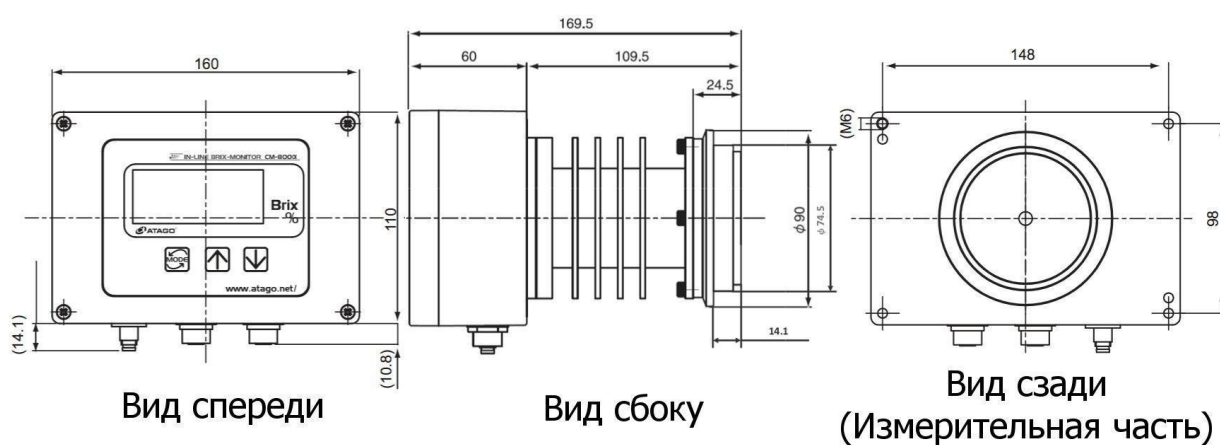


Рисунок 5.2 – Габаритні розміри

- діапазон виміру, Brix - від 0 до 80%;
- точність, - $\pm 0,1\%$;
- температурна компенсація - від 5 ° C до 100 ° C;
- клас захисту - IP64;
- виходи - RS-232C, аналоговий 4-20 мА;
- вага - 2,4 кг.

Слід підключати CM-800 до AC100-240V (коливання напруги не повинні перевищувати 10%), 50/60 Гц. CM-800 повинен бути забезпечений DC24V (допускається коливання $\pm 10\%$).



Рисунок 5.3 - Фітинги та кріплення для проточних рефрактометрів

Слід встановлювати в місці з температурою навколишнього середовища від 5 до 40 °С. Через те, що СМ-800 містить високоточні компоненти, не встановлюйте в місцях, де вони піддаються впливу прямих сонячних променів або поблизу джерела нагрівання, або в навколишньому середовищі, яке є запиленим або піддається дії корозійних газів. Повинен бути встановлений у місці, вільному від вібрації. При установці уникати сильних ударів інструменту.

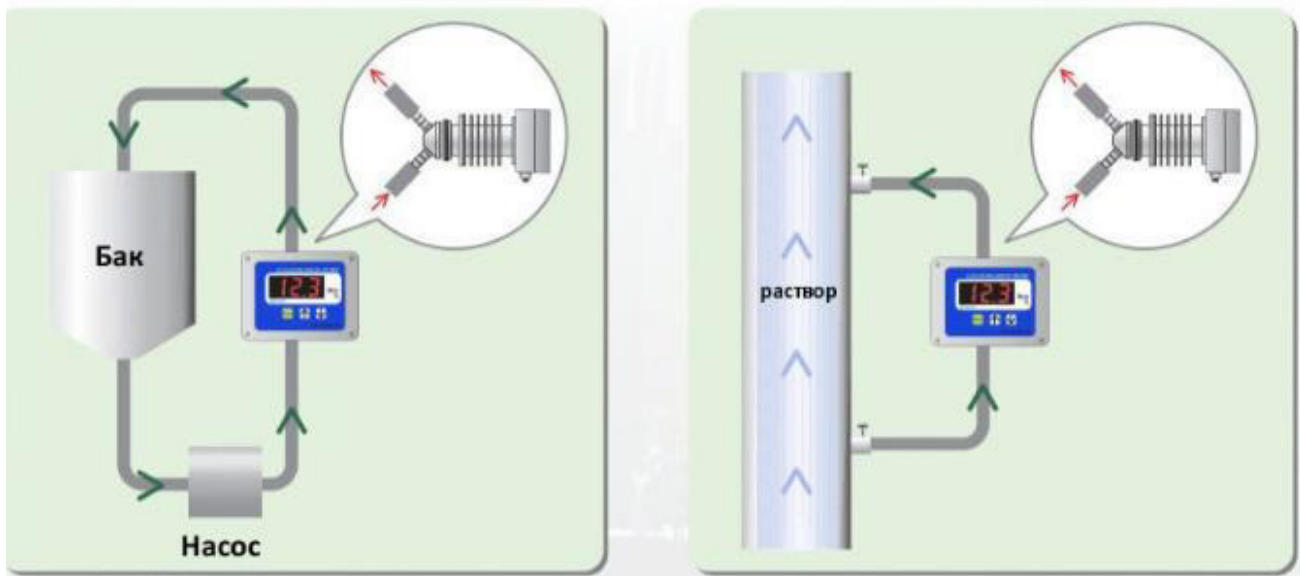


Рисунок 5.4 – Монтаж промислового рефрактометра

Використання промислових (проточних) рефрактометрів дозволяє з легкістю вимірювати концентрацію різних речовин, що призводить до спрощення процесу виробництва і поліпшення якості вихідного продукту.

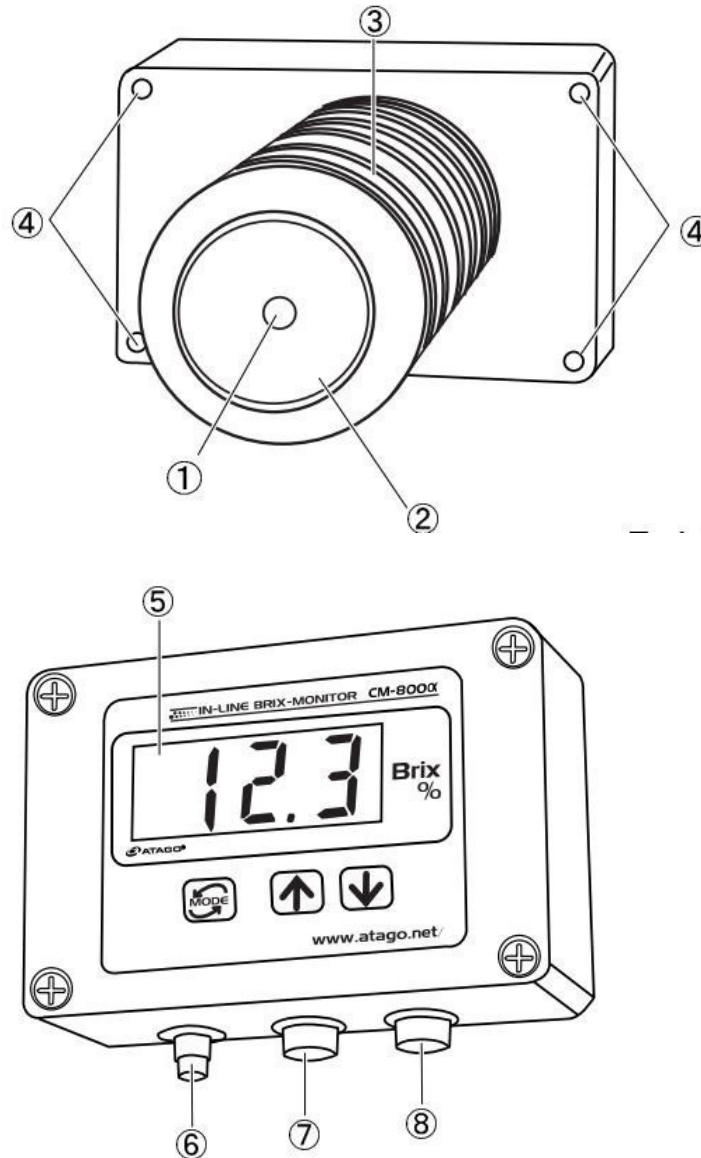


Рисунок 5.5 Елементи рефрактометра

1. Призма - корозійне стійке оптичне скло, з полірованою поверхнею, щоб відбивати світло.
2. Ущільнювальне кільце, відділяє призми від радіатора.

3. Радіатор, розсіює тепло при вимірюванні високої температури для запобігання перегріванню

4. Монтажні гвинти, використовуються для монтажу SM-800a на стенд.

5. Дисплей відображення значення.

6. Вхід для живлення (DC24V)

7. Вихід RS-232C для підключення до комп'ютера.

8. Вихід для регістратора

Приклад процедури вимірювання:

1. Додайте дистильовану воду і відрегулюйте значення V_{rix} (%) до 0.0%.

2. Зберігайте зразок від 15 °C до 25 °C.

3. Налаштуйте коефіцієнт поправки температури до 1,00.

4. Коли повертається до значення V_{rix} (%), відображається 43,0%. Це значення

A.

5. Налаштуйте коефіцієнт поправки температури до 4,00.

6. На даний час значення V_{rix} (%) становить 45,4%. Це значення B.

7. При вимірюванні зразка за допомогою стендового рефрактометра при постійній температурі 20 °C.

8. Щоб отримати коефіцієнт коригування температури з наведеного вище прикладу:

Значення C = справжнє значення - значення = 2,0

Значення D = справжнє значення - значення B = -0.4

Коефіцієнт поправки температури = $(-0,4 - (2,0 \times 4)) / -0,4 - 2,0 = 3,5$

9. Для цього зразка коефіцієнт поправки температури повинен бути встановлений до 3,50.

Вплив температури на показник заломлення визначається за двома факторами: зміною кількості частинок рідини в одиниці об'єму та залежністю поляризованості молекул від температури. Другий фактор стає істотним лише при дуже великому зміні температури.

Температурний коефіцієнт показника заломлення пропорційний температурному коефіцієнту щільності. Оскільки всі рідини при нагріванні розширюються, то їх показники заломлення зменшуються при підвищенні температури. Температурний коефіцієнт залежить від величини температури рідини, але в невеликих температурних інтервалах може вважатися постійним.

Для переважної більшості рідин температурний коефіцієнт лежить в вузьких межах від $-0,0004$ до $-0,0006$ 1 / град. Важливим винятком є вода і розбавлені водні розчини ($-0,0001$), гліцерин ($-0,0002$), гліколь ($-0,00026$).

Лінійна екстраполяція показника заломлення допустима на невеликі різниці температур ($10 - 20$ ° C). Точне визначення показника заломлення в широких температурних інтервалах проводиться за емпіричними формулами виду: $n_t = n_0 + at + bt^2 + \dots$

Тиск впливає на показник заломлення рідин значно менше, ніж температура. При зміні тиску на 1 атм. зміна n становить для води $1,48 \cdot 10^{-5}$, для спирту $3,95 \cdot 10^{-5}$, для бензолу $4,8 \cdot 10^{-5}$. Тобто зміна температури на 1 ° C впливає на показник заломлення рідини приблизно також, як зміна тиску на 10 атм.

Зазвичай n рідких і твердих тіл рефрактометри визначають з точністю до $0,0001$ на рефрактометрах, в яких вимірюють граничні кути повного внутрішнього відображення. Найбільш поширені рефрактометри Аббе з призматичними блоками і компенсаторами дисперсії, що дозволяють визначати в "білому" світлі за шкалою або цифровим індикатором. Максимальна точність абсолютних вимірювань ($10 \cdot 10^{-10}$) досягається на гоніометрії за допомогою методів відхилення променів призмою з досліджуваного матеріалу. Для вимірювання n газів найбільш зручні інтерференційні методи. Інтерферометри використовують також для точного (до $10 \cdot 10^{-7}$) визначення різниць n розчинів. Для цієї ж мети служать диференціальні рефрактометри, засновані на відхиленні променів системою двох-трьох порожніх призм.

Автоматичні рефрактометри для безперервної реєстрації n в потоках рідин використовують на виробництвах при контролі технологічних процесів і автоматичному управлінні ними, а також в лабораторіях для контролю ректифікації і як універсальні детектори рідинних хроматографів.

Розділ 2. Загальносистемні рішення

2.1. Розробка підсистеми управління технологічним комплексом

Завдання на розробку системи автоматизації виробництва квасу представлено в табл. 2.1.

Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
Збірник сула	Рівень	90%	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	
Збірник цукрового сиропу	Рівень	90%	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	
	Температура	45°C-55 °C	Регулювання	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	
Бродильний чан 2	Рівень	90%	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	
	Температура	45°C-55 °C	Регулювання	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	
	Витрата	80%	Регулювання	Відображення, реєстрація	Вплив на двигун М1	
Бродильний чан 1	Рівень	90%	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	
	Температура	25°C-35 °C	Регулювання	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	
	Витрата	80%	Регулювання	Відображення, реєстрація	Вплив на двигун М1	
	Тиск	1МПа	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	

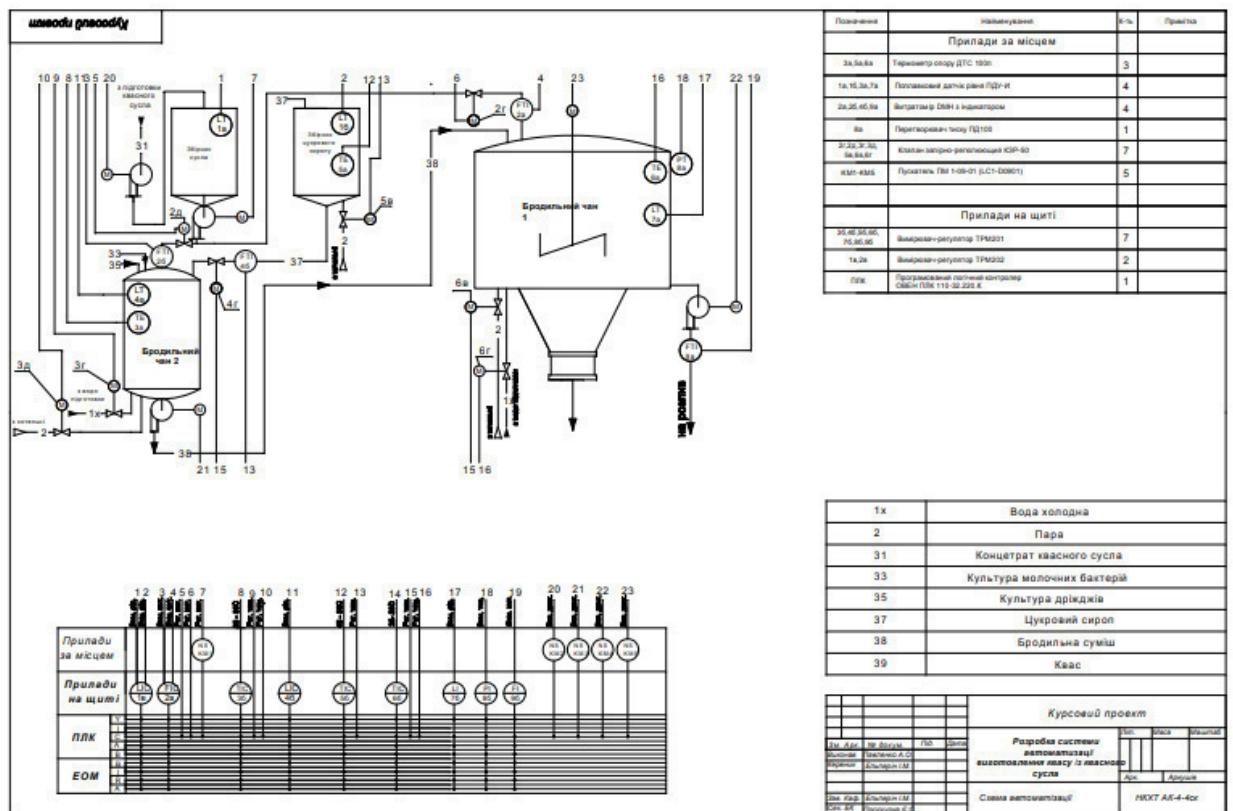


Рисунок 2. Функціональна Схема автоматизації виробництва квасу

2.1.2. Схема автоматизації виробництва квасу

Для приготування квасного сусла використовують збагачений концентрат сусла, цукровий сироп, комбіновану дріжджову і закваску молочнокислих бактерій або дріжджі. Попередньо концентрат квасного сусла пастеризують при температурі 75-80 ° С.

Допускається пастеризація при даному режимі розведеного водою концентрату квасного сусла. Потім розведений концентрат квасного сусла (1,2% сухих речовин) охолоджують до 20 ° С і 70% від загального обсягу перекачують в ЦКА, а 30% його використовують при купажуванні квасу.

Цукровий сироп з концентрацією сухих речовин 60-65% готують у відповідності з «Технологічною інструкцією з виробництва безалкогольних напоїв та квасу», а комбіновану дріжджову і закваску молочнокислих бактерій - у відповідності з «Технологічною інструкцією по розведенню чистих культур

дріжджів і молочнокислих бактерій в виробництві квасу». Хлібопекарські дріжджі готують з пресованих дріжджів розведенням концентрату квасного сусла в співвідношенні 1: 10 і цукрового сиропу. Масова частка сухих речовин у суслі повинна становити 8 г на 100 г сусла.

Підготовлене дріжджове сусло витримують 3 год при температурі

26-30 °С, потім перекачують в ЦКА. Розведений концентрат квасного сусла при температурі 20 °С перекачують в нижню частину ЦКА апарату при відкритому повітряному вентилі, розташованому у верхній частині. З метою інтенсифікації бродіння комбінують дріжджову і закваску молочнокислих бактерій або хлібопекарські дріжджі додають в другу порцію розведеного концентрату квасного сусла при температурі 28 °С. Потім в ЦКА додають 25% загального розрахункового цукрового сиропу з концентрацією сухих речовин 60- 65%. Фізико-хімічні показники сусла в ЦКА визначають після ретельного перемішування суміші за допомогою центробіжного насоса. При цьому враховують масову частку сухих речовин, кислотність і температуру.

Повітряний вентиль закривають. Тиск у верхній частині ЦКА при бродінні сусла не повинен перевищувати 0,065 МПа (0,65 атм). Бродіння сусла в ЦКА відбувається при температурі 28 °С і періодичному перемішуванні за допомогою мішалки (20-60 хв через 2 ч) до зниження масової частки сухих речовин в квасі на 1 г в 100 г зброженого сусла і до зниження кислотності не нижче 2 мл розчину гідроокису натрію концентрацією 1,0 моль / дм³, що витрачаються на титрування 100 мл сусла. Після закінчення бродіння квасу за допомогою сорочок і виносного пластинчастого теплообмінника охолоджують його до температури 5-7 °С, потім випускають з нижньої конічної частини апарату дріжджовий осад.

Після цього купажирують квас дозуючи в апарат 75% решти цукрового сиропу і 30% концентрату квасного сусла. Суміш ретельно перемішують за допомогою насоса. З метою збільшення терміну зберігання квасу в ЦКА при тимчасовому зниженні споживчого попиту рекомендується надглибоке охолодження апарату (до температури 4-5 °С). Після перевірки якісних показників квасу (згідно з вимогами ДСТУ 18-118-82), його охолоджують і перекачують в збірники-мірники,

встановлені перед розливальними машинами для розфасовки квасу в пляшки або безпосередньо в підготовлені автотермоцистерні. У торговельну мережу автотермоцистерни відправляють герметично закупореними і з опломбованими люками і кранами, при цьому обов'язково вказують дату розливу.

ЦКА повинні бути оснащені термометрами, манометрами, рівнемірами в апаратах, запобіжним клапаном, запірною арматурою і охолоджувальними сорочками.

Так як даний проект автоматизації повинен підвищити продуктивність, та якість протікання процесу виробництва квасу, тому більше про нього.

Підготовка бактерій і дріжджів потрібна для нормального зброджування в бродильному чані. Бактерії і дріжджі готують в лабораторії потім їх добавляють до квасного сусла в збірник підготовки молочнокислих бактерій і підготовки чистої культури дріжджів де їх витримують під певною температурою.

Варка цукрового сиропу потрібна для того, якщо сироп закінчився, або його не завезли на підприємство по якимось причинам. Варка починається з того що, чан заповнюють розсолем, и нагрівають його паром до 80 °C і потім починають додавати цукор до того моменту доки сироп не досягне певної концентрації, потім сироп фільтрується і охолоджується в теплообміннику до 40 °C і зберігається при цій температурі в збірнику цукрового сиропу №2.

Зброджування потрібне для купажування в купажному апараті. Зброджування починається с того, що зі збірників підготовки молочних бактерій і підготовки чистої культури дріжджів зливають до купажного апарату №2 и добавляють до нього цукровий сироп де для початку бродіння температуру піднімають на короткий час для запуску процесу бродіння, а потім зменшують і підтримують до повного зброджування.

Варка коліра починається з того, що чан наповнюють розсолем нагрівають, потім починають змішувати з цукром до певної концентрації, коли концентрація буде відповідна тоді колір перекачують до збірника

Купажування відбувається наступним чином: купажний апарат №1 наповнюють квасним суслом, потім змішують з бродильною сумішшю, після цього з нижньої частини апарату зливають дрожі і додають колір і перемішують і потім охолоджують усю суміш, та відкачують на розлив

2.1.3. Специфікація приладів та засобів автоматизації

1) Первинні перетворювачі для вимірювання температури (рідинні скляні термометри, термо балони манометрових термометрів, термоперетворювачі опору і термоелектричні термометри) приймають в монтаж після стендової перевірки, в процесі якої визначають їх придатність до монтажу.

Безпосередньо перед установкою перетворювачі піддають зовнішньому огляду, перевіряють, чи немає видимих пошкоджень; перевіряють наявність технічної документації (заводського паспорта і протоколу стендової перевірки).

Термоперетворювачі опору. Перед монтажем перевіряють цілісність чутливого елемента і опір ізоляції по відношенню до захисної арматури. Останній повинен бути не менше 20 МОм. Варіанти установлення термоперетворювача опору на трубопроводах показані на рисунку 4.1.

Термоперетворювачі опору, призначені для вимірювання температури в технологічних апаратах і трубопроводах, встановлюють в бобишках, внутрішнє різьблення яких повинне бути рівне зовнішньому різьбленню приєднувального штуцера термоперетворювача. Штуцер може бути рухомим або нерухомим. Довжина монтажної частини термоперетворювача опору визначається вимогами замовника і може досягати 3200 мм.

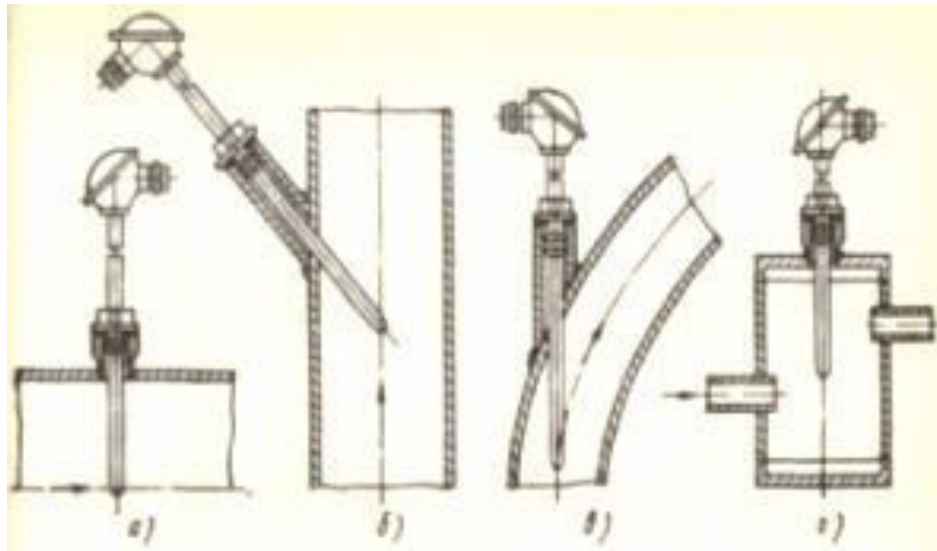


Рисунок 2.1. Установка термометровача опору на трубопроводах: а, б — на горизонтальній і вертикальній ділянках, в — на коліні, г — за допомогою розширювача

Чутливий елемент термометровача опору знаходиться в кінці захисного чохла. Довжина чутливого елемента платиного термометровача 120 мм, мідного — 60 мм. Встановлюють їх так, щоб середина чутливого елемента знаходилася якомога ближче до точки вимірювання та щоб вимірювана їм температура не залежала від температури, що знаходиться поблизу поверхонь. Кінець занурюваної частини платинових термометровачів опору повинен бути на 50—70 мм нижче за вісь потоку, що вимірюється, а мідних — на 25—30 мм. При установці на коліні трубопроводу чутливий елемент повинен бути направлений назустріч потоку і розташований в центрі потоку середовища, що вимірюється. Щоб уникнути засмоктування зовнішнього повітря в місці відбору імпульсу ретельно вставляють бобишку і ущільнюють в ній штуцер термометровача.

При установці термометровача в горизонтальному або похилому положенні штуцер для введення дротів в головку термометровача направляють вниз, щоб на сполучні затиски не потрапляла волога. Дроти до термометровача підводять, як правило, в гнучких металорукавах довжиною не менше 500 мм. Для зручності експлуатації перед термометровачем залишають невеликий запас дроту.

2) Рівнеміри поплавкові. Особливу увагу надають установці поплавців, канатів і тяги. Тягу встановлюють так, щоб переміщення поплавця і троса або тяги відбувалося без затирань. Хід поплавця повинен бути рівний або дещо більше максимального вимірювання рівня.

Рівнемір 1 (рисунок 4.2) кріплять на кронштейні 5, закладеному в стіну, як показано на малюнку, або привареному до металевої конструкції. Поплавець 4 поміщають в заспокійливу камеру 3, виконану з труби діаметром 400 мм. Щоб уникнути затирання троса блок 6 встановлюють строго перпендикулярно і вертикально над поплавцем. Для урівноваження рухомої системи, що складається з поплавця 4, троса з блоком 6 і вимірювальної частини рівнеміра 1, між поплавцем і блоком встановлюють противагу 2.

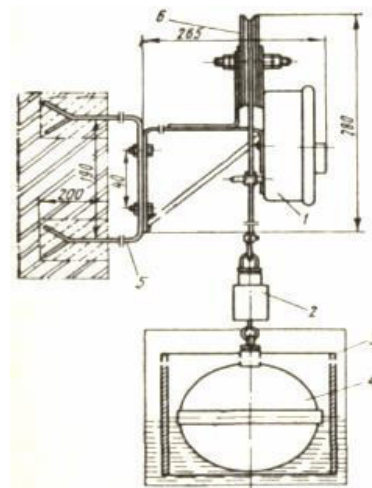


Рисунок 2.2. Монтаж поплавця рівнеміра: 1 — рівнемір, 2 — противага, 3 — заспокійлива камера, 4 — поплавець, 5 — кронштейн, 6 — блок

Поплавкові магнітні рівнеміри ОВЕН ПДУ (рисунок 4.3) - це пристрої, призначені для моніторингу поточного рівня рідини в резервуарі і перетворення виміряного значення в уніфікований вихідний сигнал 4 ... 20 мА постійного струму.

- Установка, монтаж, підключення датчиків на місці експлуатації і перевірка їх технічного стану при експлуатації повинні проводитися відповідно до посібників по експлуатації датчиків і обладнання, в комплекті з яким вони працюють.

- Монтаж датчика повинен проводитися за допомогою штатних приєднувальних різьблень. При монтажі датчик слід утримувати тільки за металеву частину корпусу.

- Монтаж, демонтаж, заміна датчиків повинні проводитися при повній відсутності робочого середовища і надлишкового тиску в резервуарах і магістралях, при повністю знеструмленому устаткуванні.

- Вісь датчика, уздовж якої переміщається поплавець, повинна розташовуватися вертикально.

- Датчик включається в ланцюг струмової петлі 4 ... 20 мА послідовно з джерелом живлення і приймачем сигналу (навантаженням) по двох привідній схемі.

- Підключення датчиків здійснюється за допомогою двох контактних гвинтового клемника, розташованого під кришкою сполучної коробки у верхній частині датчика з боку кабельного вводу. При підключенні необхідно дотримуватись полярності (вказана на платі поруч з клемником). При підключенні слід використовувати круглий кабель з зовнішнім діаметром від 4 до 8 мм і перетином кожної токоведучої жили від 0,2 до 2 мм² для дотримання герметичності після підключення слід обжати кабель в кабельному вводі.

3) Монтаж датчика тиску ОВЕН ПД 100.

Перед установкою перетворювача необхідно переконатися, що робочий діапазон тисків на технологічному об'єкті знаходиться всередині діапазону вимірювання перетворювача. Недотримання цієї вказівки може призвести до серйозного пошкодження і / або поломки обладнання. Монтаж проводити тільки при відсутності тиску в магістралі, і відключеному електричному живленні перетворювача і всіх підключених до нього пристроїв.

Монтаж перетворювача слід виконувати в відвідні трубки або бобишки. Ущільнення між штуцером і гніздом виконувати за допомогою прокладки з комплексу поставки перетворювача або аналогічної таких же розмірів, виконаної з того ж матеріалу.

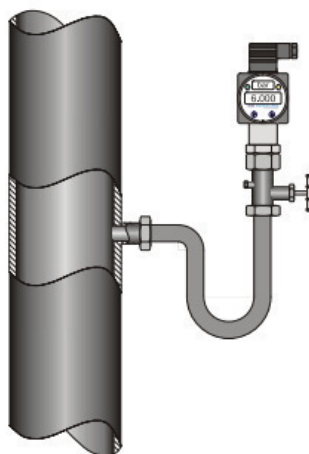
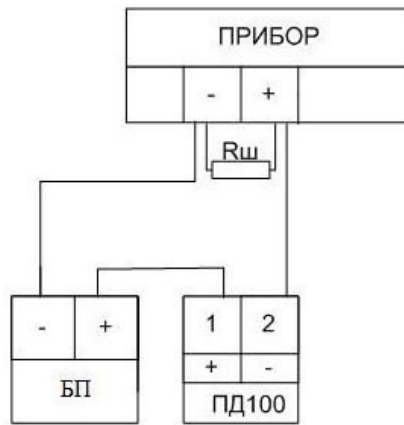


Рисунок 2.4. Монтаж датчика для вимірювання тиску пари.

Перед приєднанням перетворювача сполучні лінії повинні бути ретельно продуті. Для продувки повинні використовуватися спеціальні пристрої. Продувка сполучних ліній через перетворювач не допускається.

При монтажі зусилля затягування, яке прикладається до гайки штуцера перетворювача, не повинно перевищувати 50 Н·м. Відбірні пристрої для установки перетворювачів бажано монтувати на прямолінійних ділянках, на максимально можливому віддаленні від насосів, запірних пристроїв, колін, компенсаторів та інших гідравлічних пристроїв. Сполучні лінії повинні мати односторонній ухил (не менше 1:10) від місця відбору тиску вгору до перетворювача, якщо вимірюване середовище - газ або пар, і вниз до перетворювача, якщо вимірюване середовище рідина. Якщо це неможливо, при вимірюванні тиску газу в нижніх точках сполучних ліній слід встановлювати відстійні судини, а при вимірюванні тиску рідини в найвищих точках - газозбірники.



где Rш- шунтируючий резистор;
БП- блок питания

Рисунок 2.5. Підключення датчику до приладу

4) Витратомір DMH призначений для вимірювання та контролю об'ємної витрати рідин, суспензій, паст та інших електропровідних матеріалів без втрати тиску.

Коли електропровідне середовище проходить через магнітне поле, то, відповідно до закону індукції Фарадея, виникає електрична напруга.

Величина цієї напруги пропорційна середній швидкості потоку а, отже, і об'ємній витраті.

Регулятор потоку складається з датчика, який вловлює сигнал, породжений виниклою напругою, і перетворювача, який перетворює його в стандартний вихідний сигнал (4-20 мА або пульсація). Перетворювач може бути прикріплений до датчика або встановлений окремо.

Тиск, температура, щільність і в'язкість не впливають на результати вимірювання витрати. Слід уникати твердих частинок і бульбашок газу.

Особливі умови експлуатації витратоміра DMH з індикатором

При експлуатації витратомірів необхідно дотримуватися таких «спеціальних» умов:

- Оболонка кабелів повинна бути розрахована на максимальну температуру навколишнього середовища;

- Температурний клас датчиків витрати повинен вибиратися в залежності від діаметра трубопроводу і максимальної температури вимірюваного середовища

- Температурний клас перетворювачів при інтегральному виконанні відповідає температурному класу датчиків.

- Корпус витратоміра має поліуретанове покриття, здатне накопичувати електростатичні заряди. Щоб уникнути накопичення електростатичного заряду, витратоміри необхідно періодично протирати вологою тканиною.

- при установці необхідно враховувати, що перетворювачі через блок захисту від перехідних процесів не витримують перевірку міцності ізоляції ефективною напругою змінного струму 500 В протягом однієї хвилини, прикладеного між клемми 1, 2, 3, 4 і корпусом;

- При монтажі витратомірів в зоні високих температур необхідно вживати заходів захисту від перевищення температури зовнішньої поверхні витратоміра внаслідок нагрівання від вимірюваного середовища вище значень, допустимих для температурного класу, зазначеного у маркуванні витратомірів

Підготовка витратоміра до використання. Установка витратоміра включає наступні етапи:

- Розміщення. Визначення правильного розміщення витратоміра з урахуванням навколишнього середовища, небезпечних зон, доступності трубопроводних з'єднань і клапанів;

- Орієнтація. Визначення необхідної орієнтації витратоміра в магістралі;

- Монтаж витратоміра на трубопроводі;

- Монтаж перетворювача (в разі віддаленого монтажу перетворювача);

- Підключення перетворювача.

Розміщення. Регулятор потоку повинен бути розміщений в такому місці трубопроводу, яке задовольняє наступним умові:

- Під час роботи проточна частина витратоміра повинні бути постійно заповнена вимірюваним середовищем.

- Розташовувати витратомір слід так, щоб забезпечити вільний доступ до отворів для підключення кабелепроводов, а також для своєчасного виявлення і усунення несправностей.

- Регулятор потоку повинен встановлюватися в тих місцях, де температура середовища в діапазоні від -29 до +300.

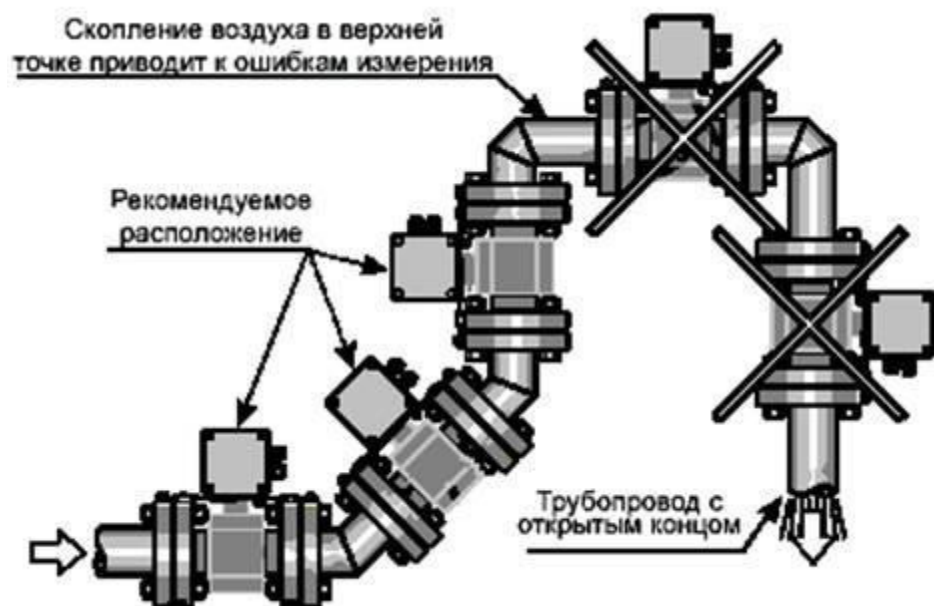


Рисунок 2.6. Розташування витратоміра на трубопроводі

5) Виконавчий механізм КЗР-50 призначені для регулювання і перекриття потоків регульованою середовища без абразивних частинок, таких як вода і друге рідких середовищ, сумісних з матеріалами внутрішніх частин корпусу. Застосовуються в якості регулюючої арматури в теплових пунктах, в системах теплопостачання, водопостачання та інших технологічних процесах

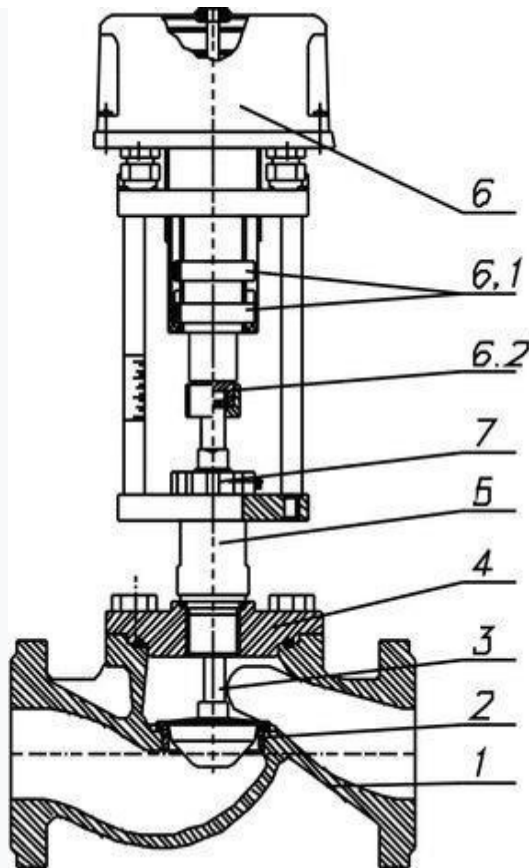


Рисунок 2.7. виконавчий механізм КЗР-50(1- корпус, 2- сідло, 3-затвор, 4- фланець затвор вузла, 5- вузла ущільнювача, 6- виконавчий механізм, 6.1- гайка упорно регулювання ходу, 6.2- замок штока затвора, 7- гайка фіксувальна)

2.1.4. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Документація на замовлення мікропроцесорного контролера (МПК) тісно пов'язана з завданням на виготовлення щитів і пультів, оскільки в щитових конструкціях розміщується, як сам МПК, так і його блоки живлення.

Основним документом при замовленні МПК є замовна специфікація в якій вказується модель, кількість модулів та їх опис.

Конфігурування МПК ОВЕН 110:

Для управління об'єктом необхідно с конфігурувати МПК який забезпечує підключення:

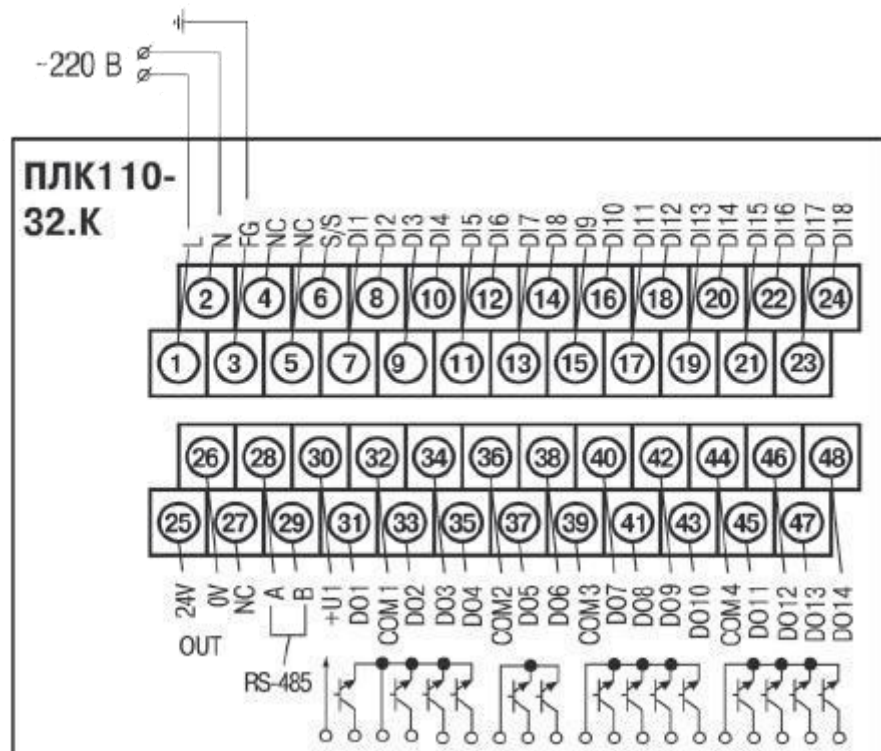


Рисунок 2.8. Схема розташування та призначення клем на ПЛК110-220.32.К.

Модуля аналогового виводу ОВЕН МУ110-8И

Пристрій призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються за мережею RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 4 до 20 мА для керування виконавчими механізмами або для передавання сигналів пристроям реєстрації та самописцям.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із працюючою на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор.

До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер та бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підмиканні пристрою до SCADA-систем та контролерів інших виробників.

Конфігурування МУ110 здійснюється за допомогою ПК через адаптер інтерфейсу RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад, ОВЕН АС3-М або АС4,

відповідно) за допомогою програми «Конфігуратор М110», яка входить до комплектності.

Пристрій відповідає вимогам за стійкістю до впливу завад за ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Основні особливості модуля аналогового виводу ОВЕН МУ110-8И

8 каналів аналогового виводу 4-20 мА

Напряга живлення*: ~ 220 В та $=24$ В (універсальне джерело живлення)

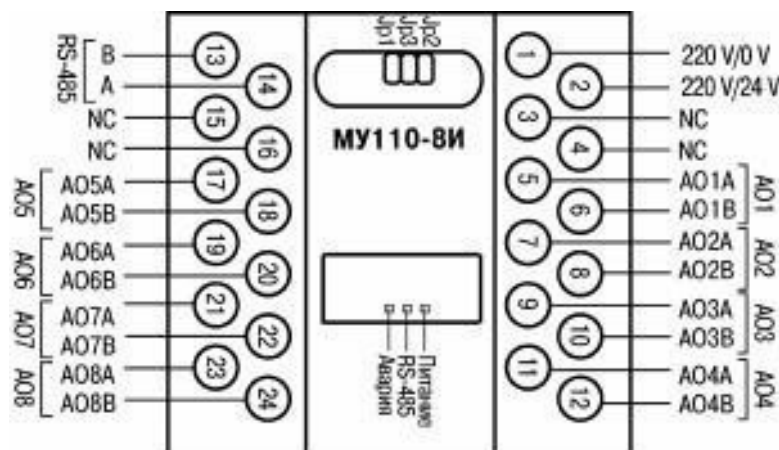


Рисунок 2.9. Схема розташування та призначення клем на МУ110-8И

Модуля вводу аналогових сигналів МВ110-8А

8 універсальних каналів аналогового вводу

Типи вхідних сигналів: термоперетворювачі опору, термомпари, уніфіковані сигнали напруги та струму (потребують використання зовнішнього резистора 50 Ом), опір до 2 кОм

Частота вимірювань: до 0,3 с на канал

Термомпари: L, J, N, K, S, R, B, T, A-1, A-2, A-3

Термоперетворювачі опору: 50М, Cu50, 50П, Pt50, Ni100, 100М, Cu100, 100П, Pt100, Ni500, 500М, Cu500, 500П, Pt500, Ni1000, 1000М, Cu1000, 1000П, Pt1000

Уніфіковані сигнали: 4-20 мА, 0-20 мА, 0-5 мА, +/-50мВ, 0-1 В

Напруга живлення: ~220 В та =24 В (універсальне джерело живлення)

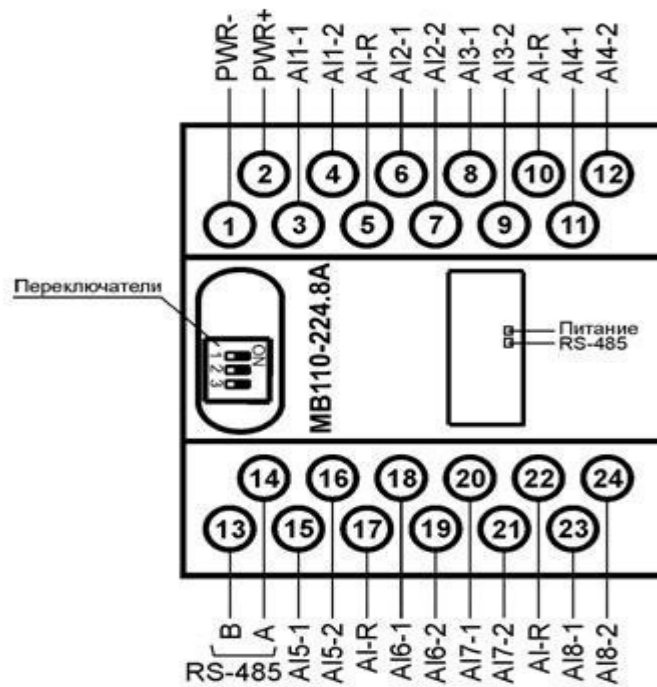
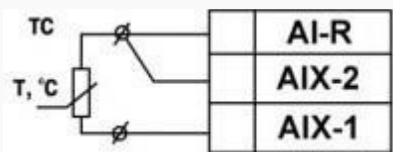
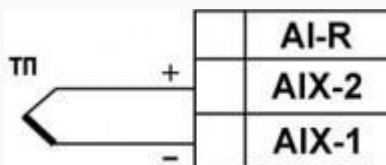


Рисунок 2.10. Схема розташування та призначення клем на МУ110-8А

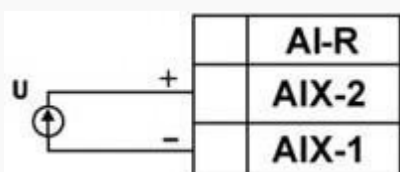
Схеми підключення датчиків різних типів до МУ110-8А



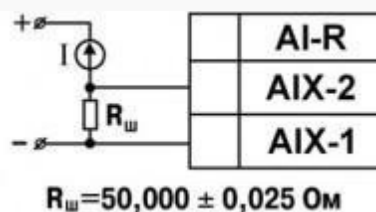
*Схема підключення термометра
опору*



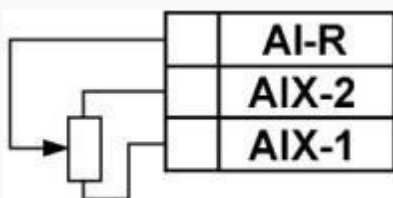
*Схема підключення
термоелектричного
перетворювача*



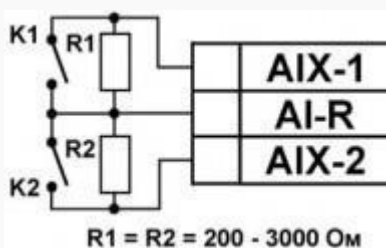
*Схема підключення активного
датчика з виходом у вигляді
напруги -50.0...50.0 мВ або 0...1.0
В*



*Схема підключення активного
датчика із струмовим виходом
0...5.0, 0...20.0 або 4...20.0 мА*



*Схема підключення датчика
положення резистивного типу
0...900 Ом або 0...2000 Ом*



*Схема підключення дискретних
датчиків «сухі контакти»*

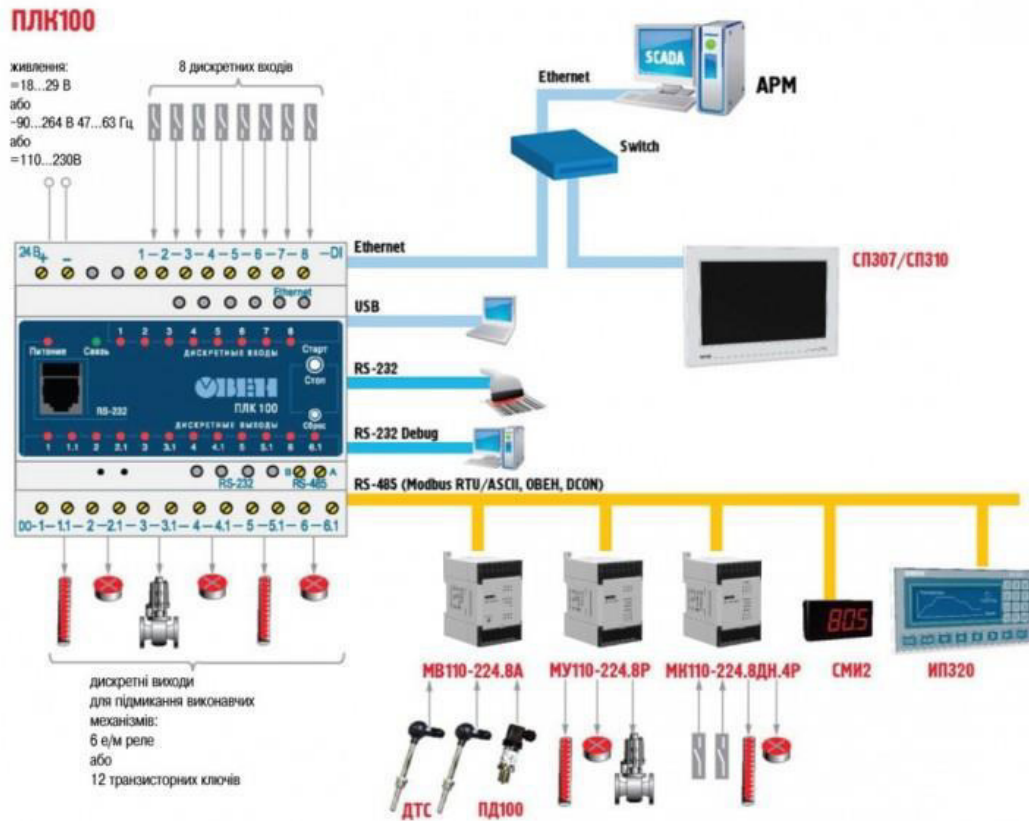


Рисунок 2.11. Можлива схема підключення модулів розширення до контролера і ЕОМ

Таблиця 2.7. Вибір модулів та ПЛК.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
<i>ПЛК110-220.32.К.</i>	1	Контролер
МУ110-8А	2	Модуля вводу аналогових сигналів
МУ110-8И	1	Модуля виводу аналогових сигналів

2.1.5. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК \

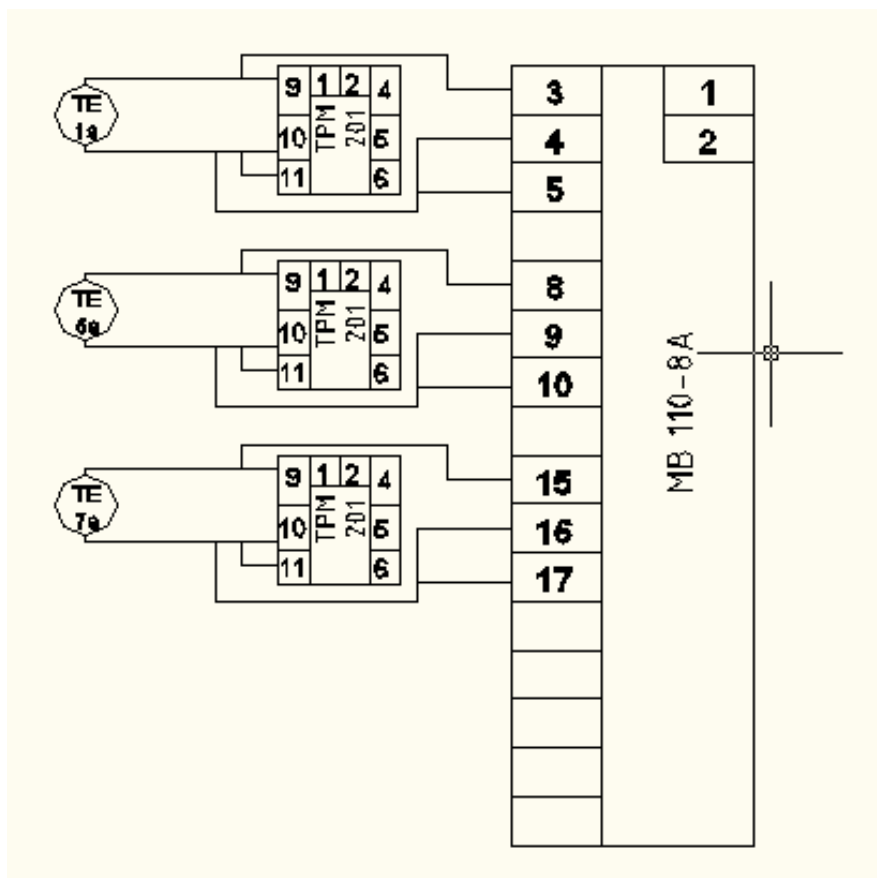


Рисунок 3.1. Підключення термодатчиків до модулів аналогових входів.

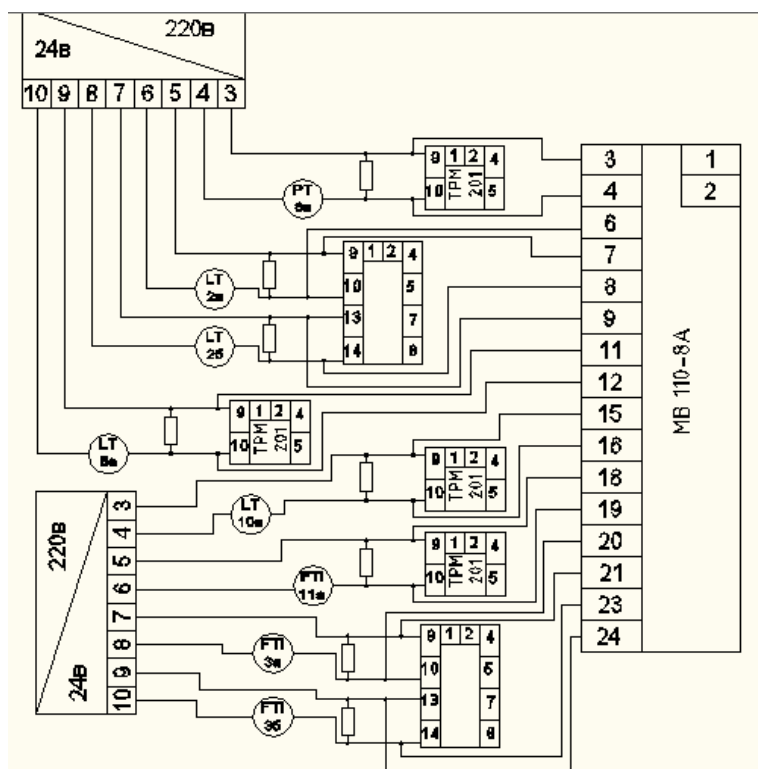


Рисунок 3.2. Підключення датчиків тиску, рівнемірів, витратомірів, до модулів аналогових входів.

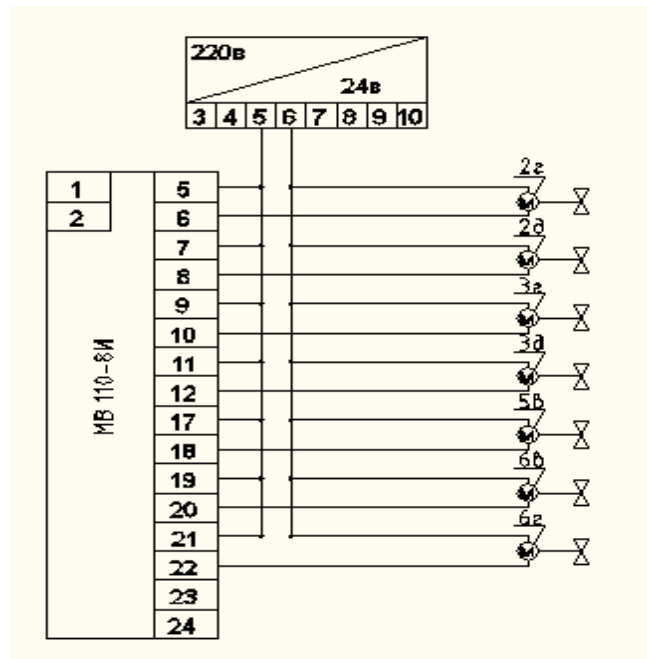


Рисунок 3.3. Підключення виконавчих механізмів до модулів аналогових виходів.

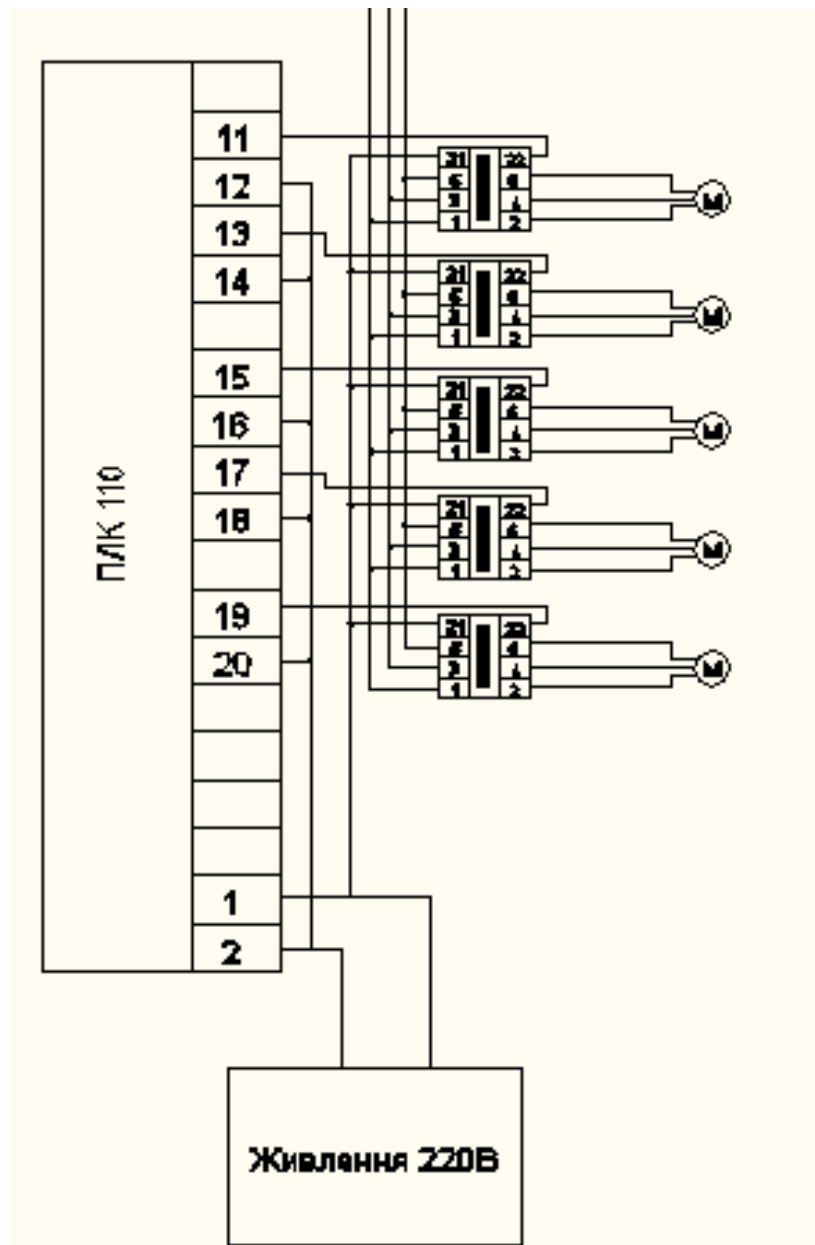


Рисунок 3.4. Підключення двигунів через пускачі до ПЛК дискретних виходів.

Контур контролю рівня

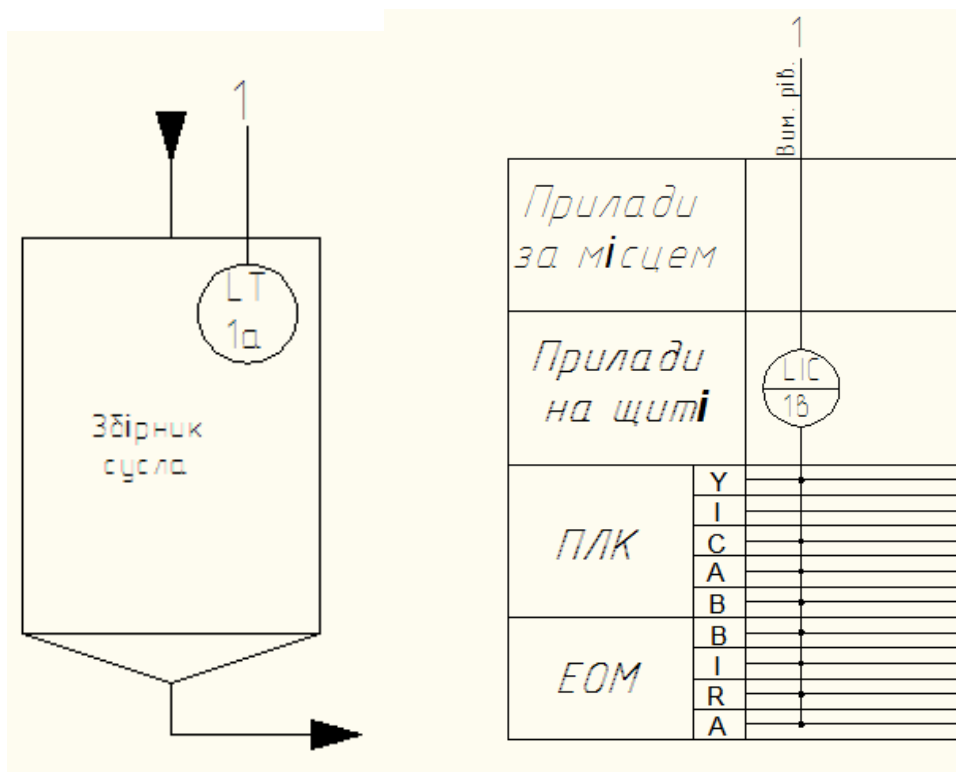


Рис. 3.5. Функціональна схема автоматизації контуру контролю рівня.

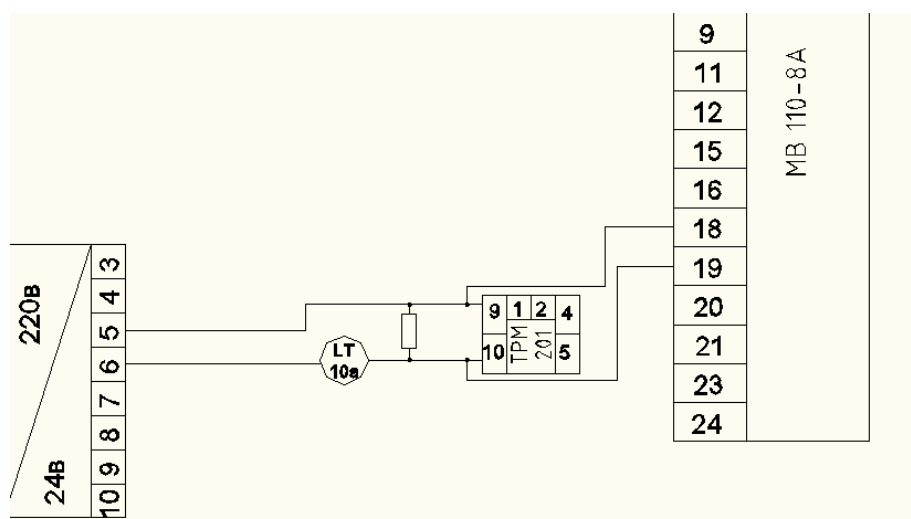


Рис. 3.6. Схема підключення датчика рівня до ПЛК.

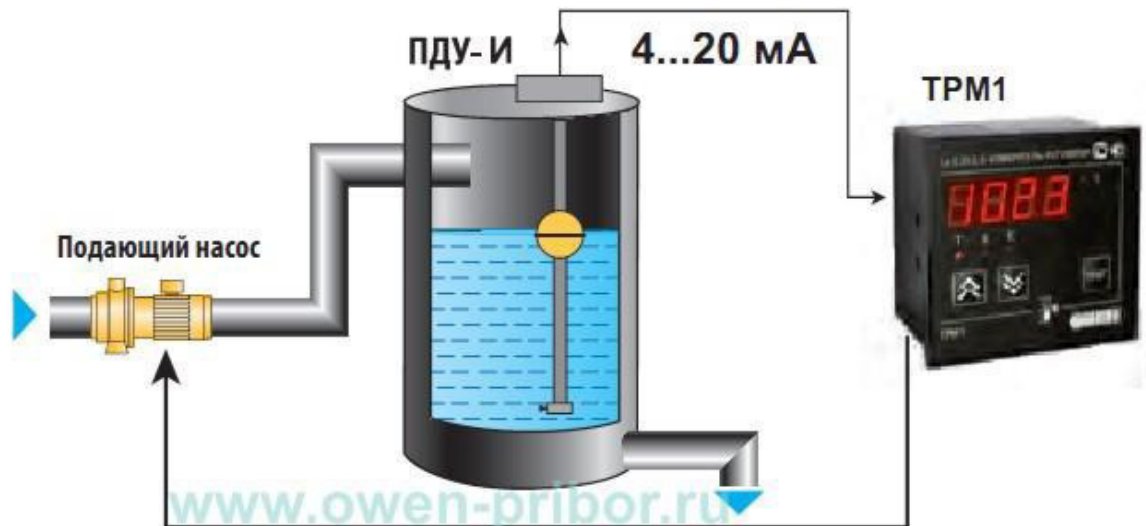


Рис. 3.7.графічне зображення підтримки рівня в збірнику.

Підтримки рівня в збірнику відбувається наступним чином. Датчик рівня ПДУ підключин до ТРМ101 и паралельно до контролера. Коли датчик досягає нижнього заданого рівня він подає сигнал (4-20мА) на контролер, який дає сигнал (220В) на пускач, який замикається і пропускає через себе 3-х фазний струм, і вмикається насос.

При досягненні верхнього заданого рівня датчик подає сигнал на контролер, який формує сигнал и відключає подачу живлення на магнітний пускач який відключає насос

Оператор може слідкувати за рівнем і якщо руєнь не більше верхнього заданого то в ручну можно доповнювати збірник.

Електродвигуни насосів, клапани та пускачі локально керуються кнопковими станціями та з пульта управління кнопкових станцій. Сигнальні лампи сигналізують про роботу електродвигунів. Мнемосхему контролю роботи системи автоматизованого керування приведено на рис. 3.4

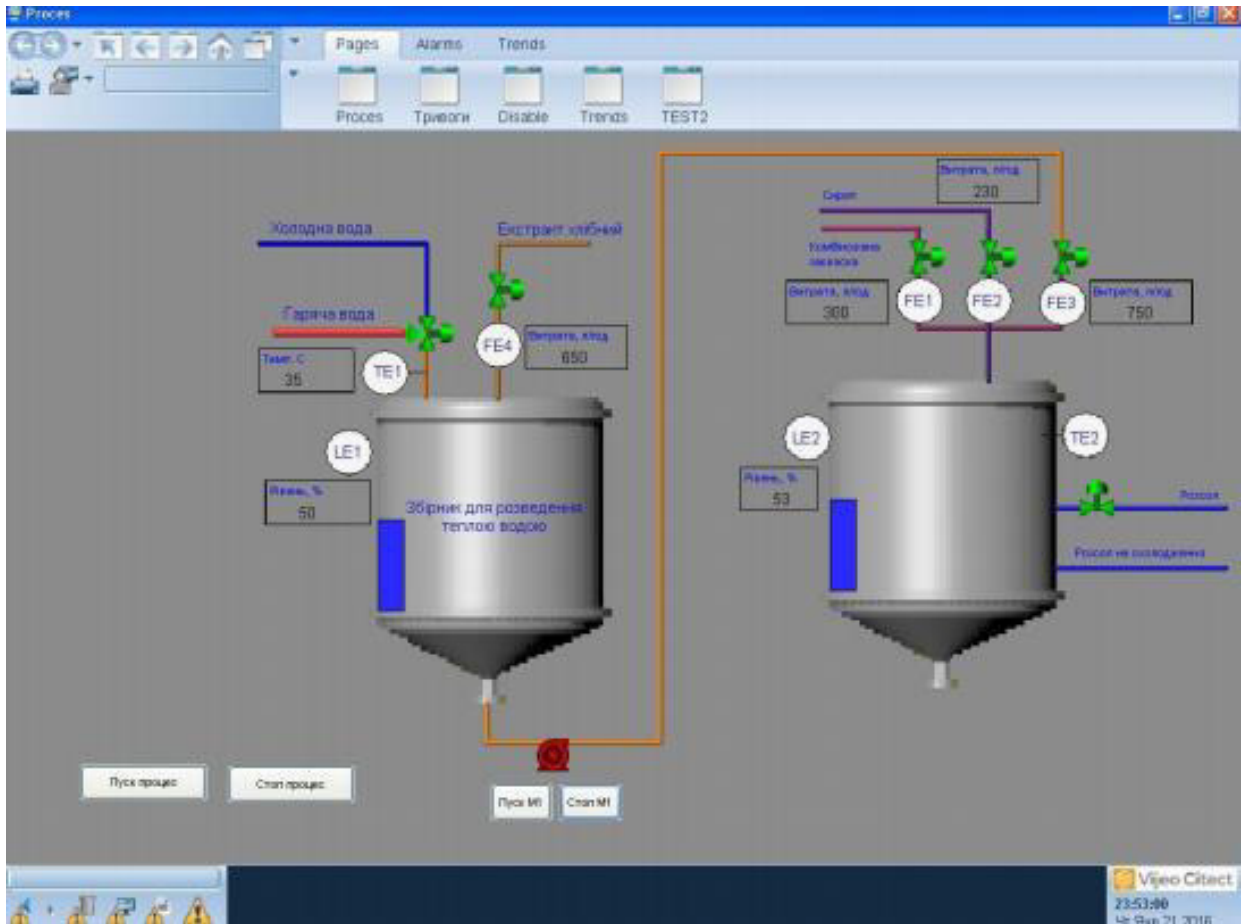


Рисунок 3.4 – мнемосхема роботи системи керування

2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються

2.2.1. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram)

Вимоги, які поставлені до розробки системи керування розпізнавання якості квасу описані за допомогою діаграми вимог (Requirements diagram) на рис. 2.4.

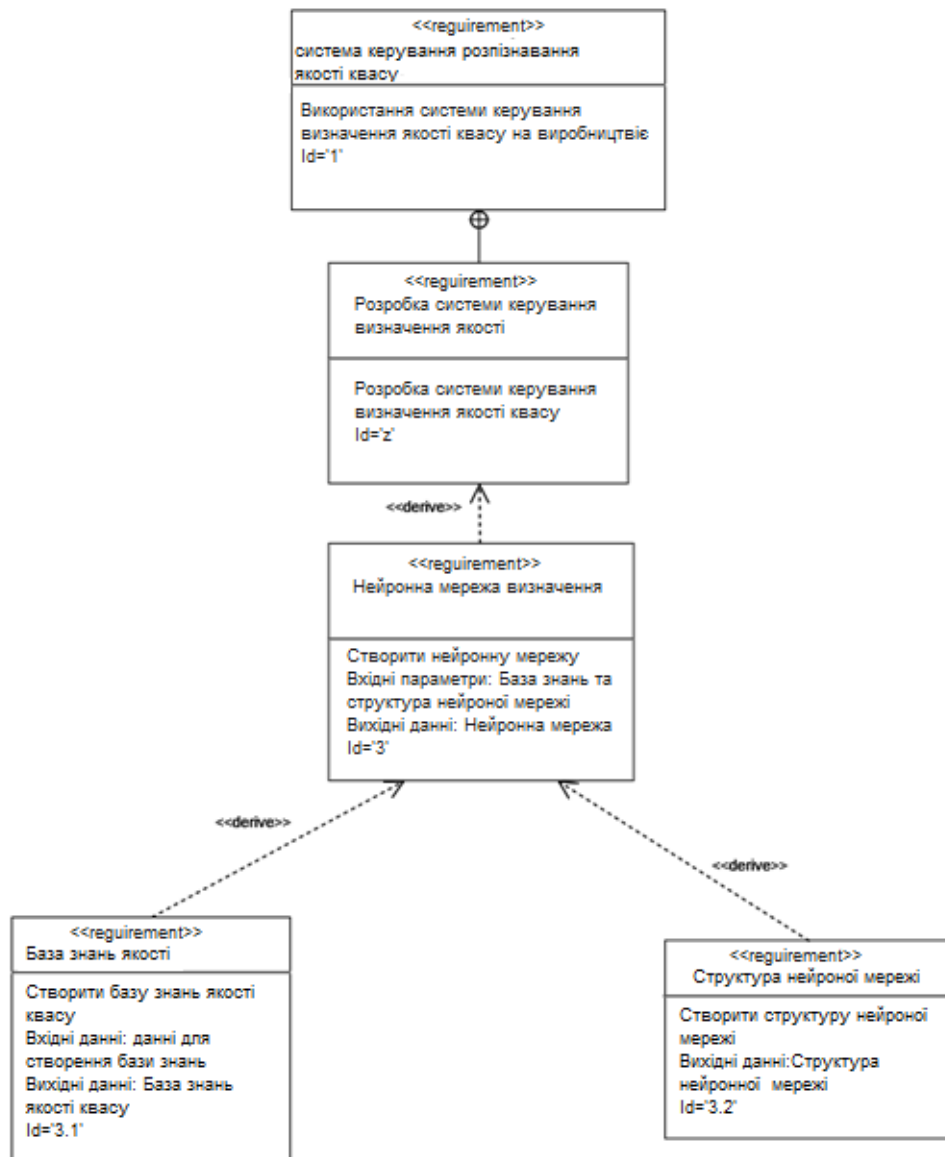


Рис. 2.4. Requirements diagram – діаграма вимог.

Для навчання нейронної мережі розпізнавання якості необхідно:

- створити базу знань якостей: яка включає в себе зображення світлості квасу ;
- створити структуру нейронної мережі для подальшого навчання нейронної мережі.

Після створення та навчання нейронної мережі розпізнавання світлості необхідно розробити систему керування розпізнавання світлості.

Розроблену систему керування розпізнавання світлості квасу далі впроваджують на виробництво.

2.2.2. Визначення функцій користувачів (Use Case diagram)

Взаємодія розробника та оператора під час процесу розробки та використання системи керування розпізнавання якості квасу описані у вигляді діаграми функцій користувачів (Use Case diagram) на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Use Case diagram – діаграма функцій користувачів.

Розробник системи керування розпізнавання якості упаковки морозива при розробці системи спочатку:

- наповнює базу знань упаковки морозива зображенням упаковки з браком і без для подальшого навчання нейронної мережі;
- створює структуру нейронної мережі для подальшого навчання нейронної мережі.

Після створення та навчання нейронної мережі розпізнавання світлості розробник розробляє систему керування розпізнавання світлості, яка в подальшому

буде взаємодіяти з технологічним обладнанням на виробництві для управління насосом.

Розроблену систему керування розпізнавання якості далі впроваджують на виробництво для її подальшого функціонування.

Систему керування розпізнавання якості квасу розпізнає в тробо-проводі та впливає на роботу зворотного насосу для очистки фільтрів.

Оператор контролює роботу системи керування розпізнавання світлості та роботу рефлектometру.

2.2.3. Розробка блоків складових елементів системи (Block Definition Diagram)

Блоки з яких складається процес розробки та використання системи керування розпізнавання якості квасу описані у вигляді діаграмі визначення блоків (Block Definition Diagram) на рис 2.6.

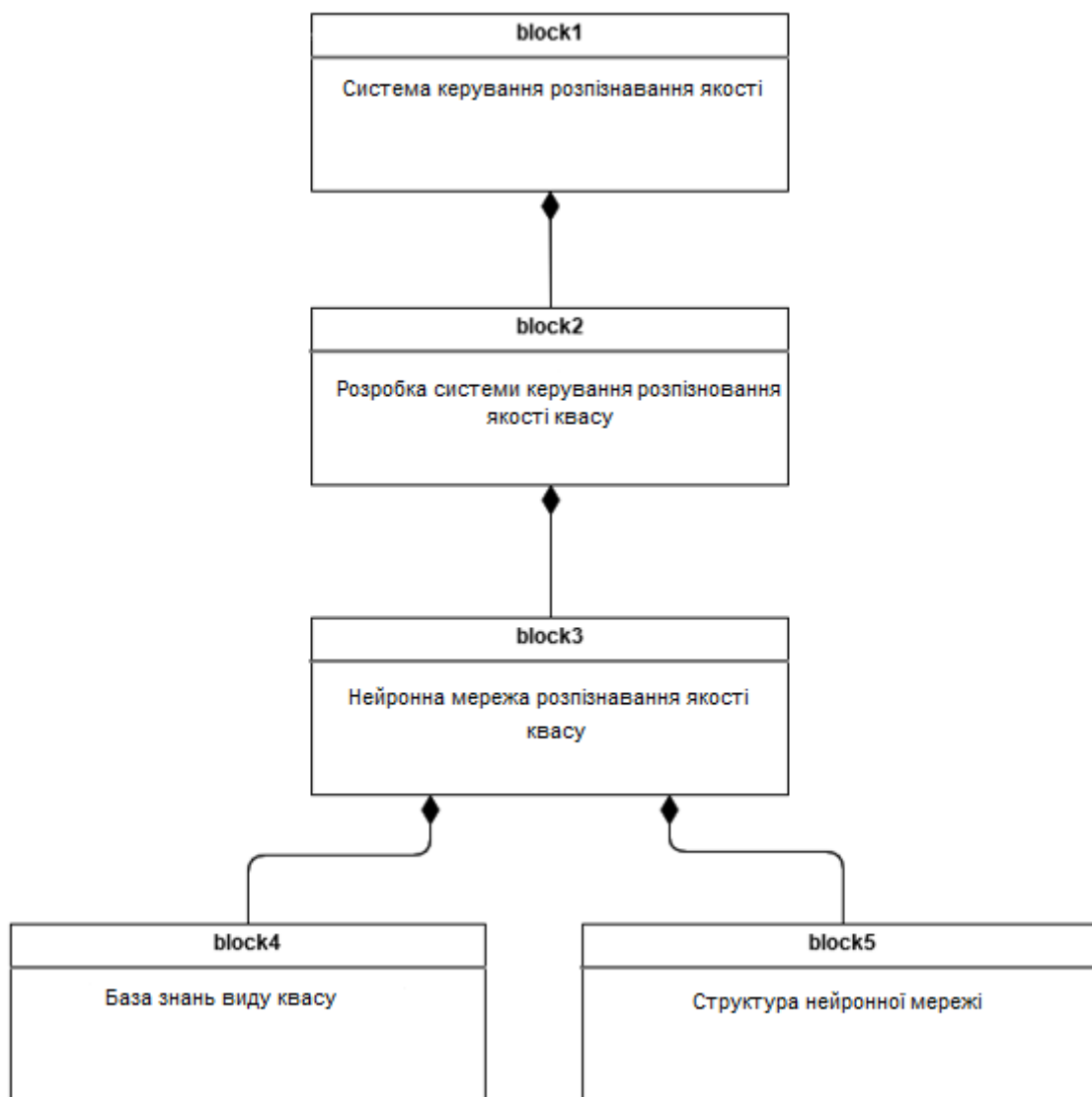


Рис. 2.6. Block Definition Diagram – діаграма визначення блоків.

Виходячи з розробленої діаграми вимог (Requirements diagram) розробляється діаграма визначення блоків (Block Definition Diagram).

Діаграма визначення блоків (Block Definition Diagram) включає наступні блоки:

- **block5** – база знань якості: яка включає в себе світлість квасу;
- **block4** – структура нейронної мережі: для подальшого навчання;
- **block3** – навчання нейронної мережі: для розпізнавання якості;
- **block2** – розробка системи керування розпізнавання якості: для взаємодії нейронної мережі з технологічним обладнанням на виробництві;

- **block1** – система керування розпізнавання якості квасу:
функціонування системи керування розпізнавання якості квасу.

2.2.4. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК

2.2.4.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (Activity diagram)

Взаємодія блоків системи керування розпізнавання якості упаковки морозива описані за допомогою діаграми діяльності (Activity diagram) на рис. 2.7.

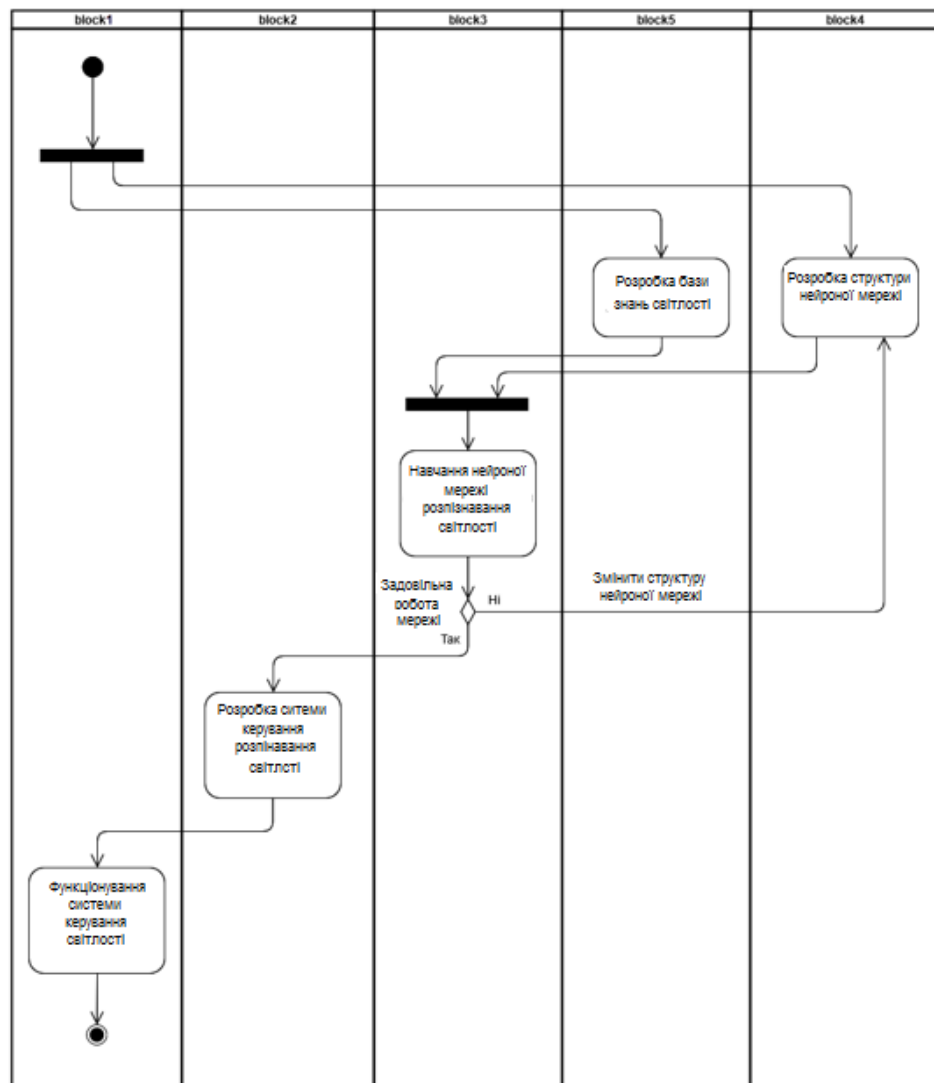


Рис. 2.7. Activity diagram – діаграма діяльності.

Взаємодія між собою наступних блоків:

- block5 – база знань світлості;
- block4 – структура нейронної мережі;
- block3 – навчання нейронної мережі;
- block2 – розробка системи керування розпізнавання світлості;
- block1 – система керування розпізнавання світлості;

які представлені на діаграмі визначення блоків (Block Definition Diagram) описано за допомогою діаграми діяльності (Activity diagram).

З діаграми діяльності (Activity diagram) видно, що процес створення структури нейронної мережі та її навчання може проходити не один раз. І він повторюється доки не досягнеться задовільна похибка процесу навчання нейронної мережі розпізнавання світлості.

2.2.4.2. Вирішення проблеми синхронізації підсистем (Sequence diagram)

Взаємодію блоків системи керування розпізнавання якості на часовій послідовності описана за допомогою діаграми послідовності (Sequence diagram) на рис. 2.8.

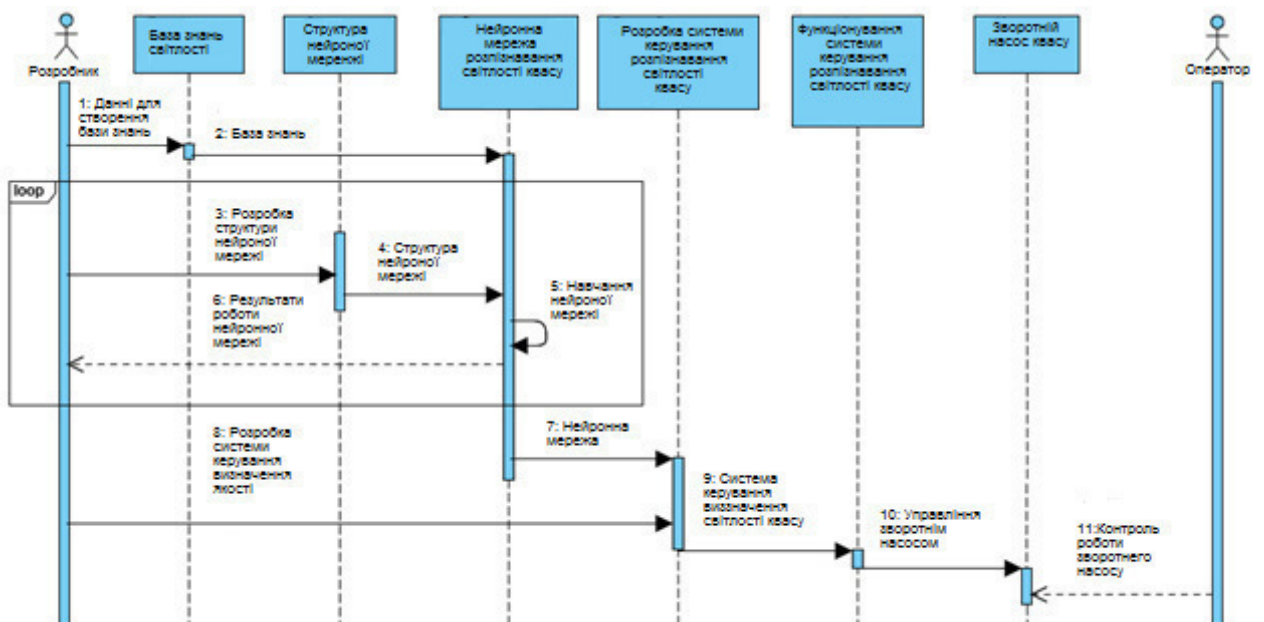


Рис. 2.8. Sequence diagram – діаграма послідовності.

Діаграма послідовності (Sequence diagram) зображує, як враховуючи часову послідовність відбуваються процеси між наступними блоками:

- база знань світлості квасу;
- структура нейронної мережі;
- нейронна мережа розпізнавання світлості квасу;
- розробка системи керування розпізнавання світлості квасу;
- функціонування системи керування розпізнавання світлості квасу.

Також на діаграма послідовності (Sequence diagram) зображується, як взаємодіють з системою керування розпізнавання світлості квасу розробник та оператор.

На діаграмі послідовності (Sequence diagram) циклом loop зображено процес створення структури нейронної мережі та її навчання, оскільки він потребує повторення не один раз доки не досягнеться задовільна похибка процесу навчання нейронної мережі.

Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК

3.1. Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи

У цій роботі йдеться про процес бродіння, оскільки всі ароматичні сполуки утворюються під час ферментації. Механістична модель розробляється на основі знань про біохімічні процеси в дріжджовій клітині та раніше розроблених математичних моделей, які є в літературі. Процес бродіння моделюється в середовищі MATLAB / Simulink. Розглядаються та розробляються модель зростання, модель поживних речовин та модель смаку. Модель росту складається з моделей споживання цукру, зростання біомаси та утворення етанолу. Ці моделі розроблені з температурно залежними параметрами для спостереження за впливом температури. Три амінокислоти, це валін, лейцин та ізолейцин, розглядаються для моделі живильних речовин. Споживання цих трьох амінокислот враховується під час бродіння. Модель смаку розроблена на основі моделі росту та моделі поживних речовин. Смакові сполуки класифікуються на три групи, які представляють собою сивушні спирти, складні ефіри та вікінальні дикетони. Всього дев'ять параметрів вважаються ароматичними сполуками, а вплив температури на них моделюється за допомогою MATLAB / Simulink та JModelica. Промисловий температурний профіль отримують та застосовують для розробленої моделі 51 та моделюють в MATLAB / Simulink та результати аналізують. ПІ-контролер застосовується для визначення ідентифікатора температурного профілю для отримання ароматизатора, а динамічна модель використовується для пошуку відповідних параметрів контролера для найкращого контролю. Контролер моделюється в MATLAB / Simulink.

Виявлено, що ріст дріжджів обмежений наявністю ненасичених жирних кислот і ліпідів у суслі. Процес поділу клітин може тривати лише до тих пір, поки необхідні структурні компоненти можуть бути отримані з носія або синтезовані всередині клітин. Ненасичені жирні кислоти, що 53 використовуються в структурі мембрани, не можуть бути синтезовані клітиною

за відсутності кисню. Тому наявні ненасичені жирні кислоти в носіях виснажуються в анаеробних умовах.

Вхідними даними для моделі є початкові концентрації глюкози, мальтози, мальтотріози, дріжджі, лейцин, ізолейцин та валін. Графічна інтерпретація наступна.

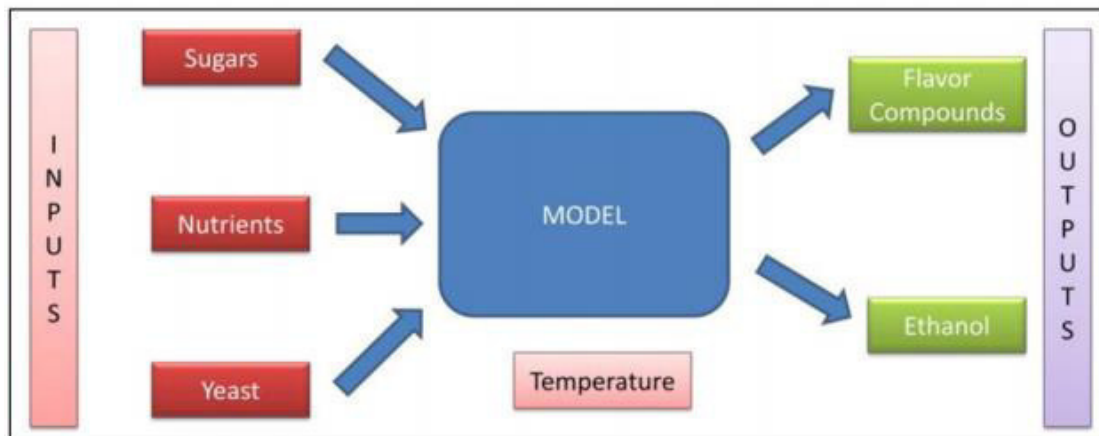


Рисунок 3.1 – Схема входів для початкового моделювання

Значення початкових концентрацій приведені в таблиці 4.2. для зручності використання пакету Matlab для моделювання усі назви приведені на англійській мові, щоб не було конфліктів імен.

Таблиця 3.1 Початкові параметри моделі

Description	Symbol	Value	Unit	Reference
Initial concentration of glucose	G0	70	mol/m ³	Gee and Ramirez(23)
Initial concentration of maltose	M0	220	mol/m ³	Gee and Ramirez(23)
Initial concentration of maltotriose	N0	40	mol/m ³	Gee and Ramirez(23)
Initial concentration of yeast	X0	125	mol/m ³	Gee and Ramirez(23)

Початкові концентрації трьох амінокислот лейцину, ізолейцину та валіну взято з посилання на рисунок 3.2.

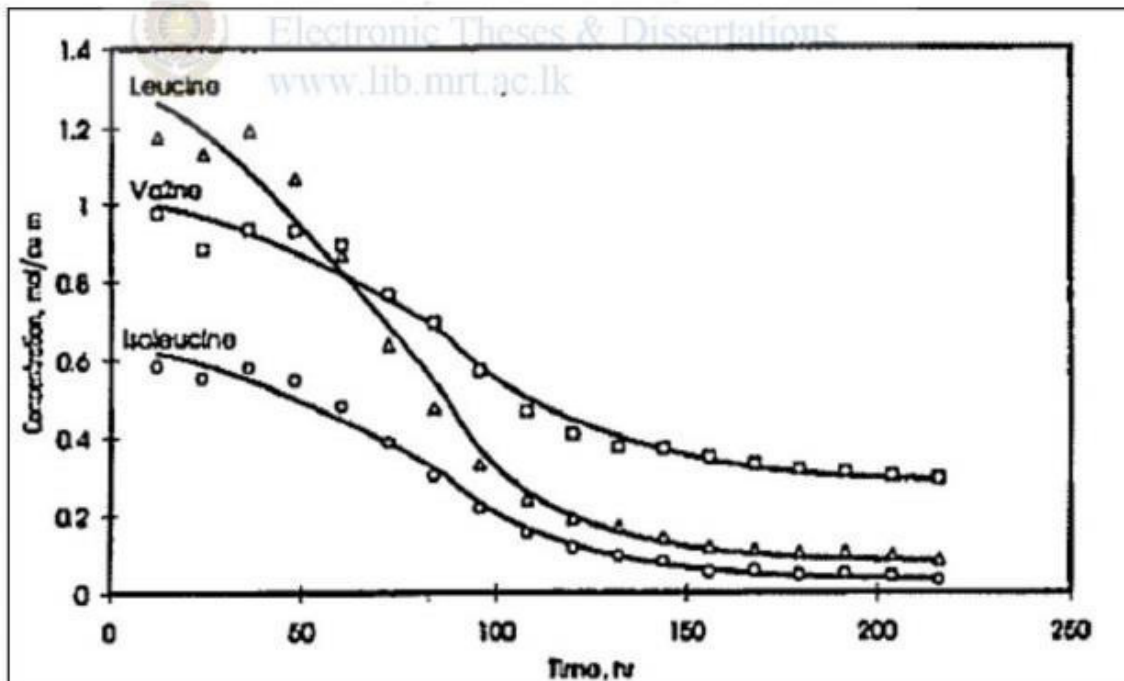


Рисунок 3.2 – Початкові значення концентрацій амінокислот

Початкові концентрації трьох амінокислот наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 Початкові значення для моделювання для амінокислот

Description	Symbol	Value	Unit	Reference
Initial concentration of leucine	L0	1.3	mol/m ³	Gee and Ramirez(18)
Initial concentration of isoleucine	I0	0.6	mol/m ³	Gee and Ramirez(18)
Initial concentration of valine	V0	2.1	mol/m ³	Gee and Ramirez(18)

3.1 Моделювання без регулювання температури

Температуру не контролюють і дозволяють їй збільшуватися за рахунок екзотермічної метаболічної реакції всередині клітин дріжджів. Максимальні ароматичні концентрації виходять в такому випадку.

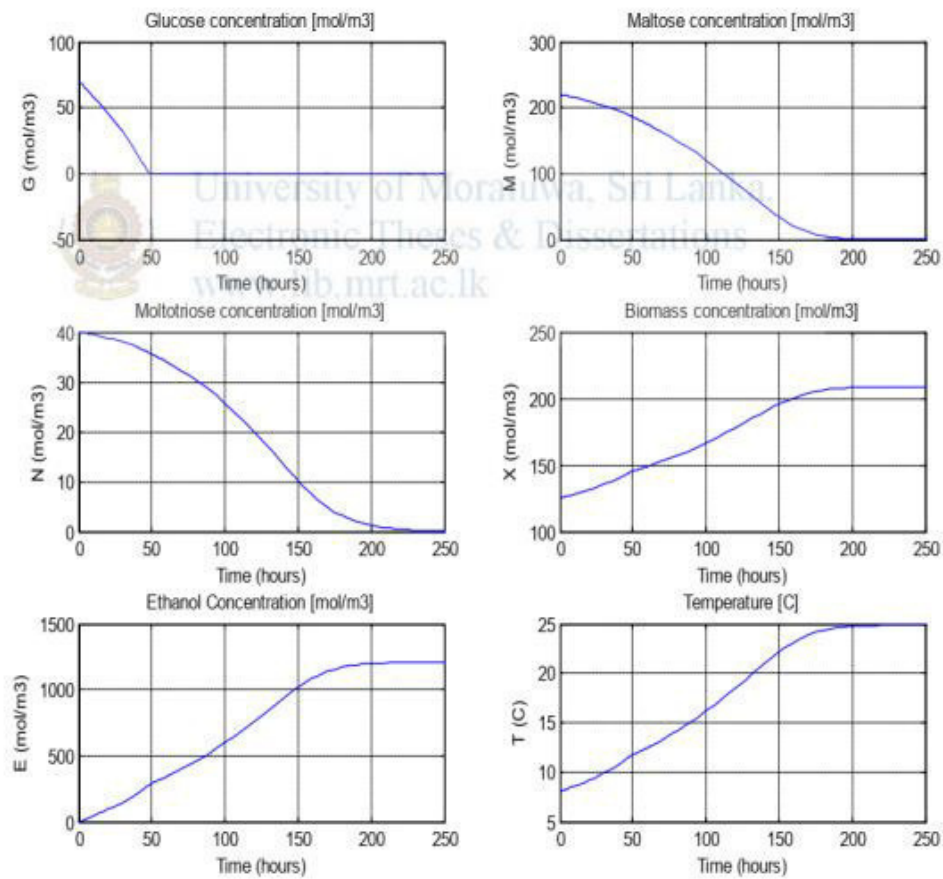


Рисунок 3.3 – Результати моделювання зростання

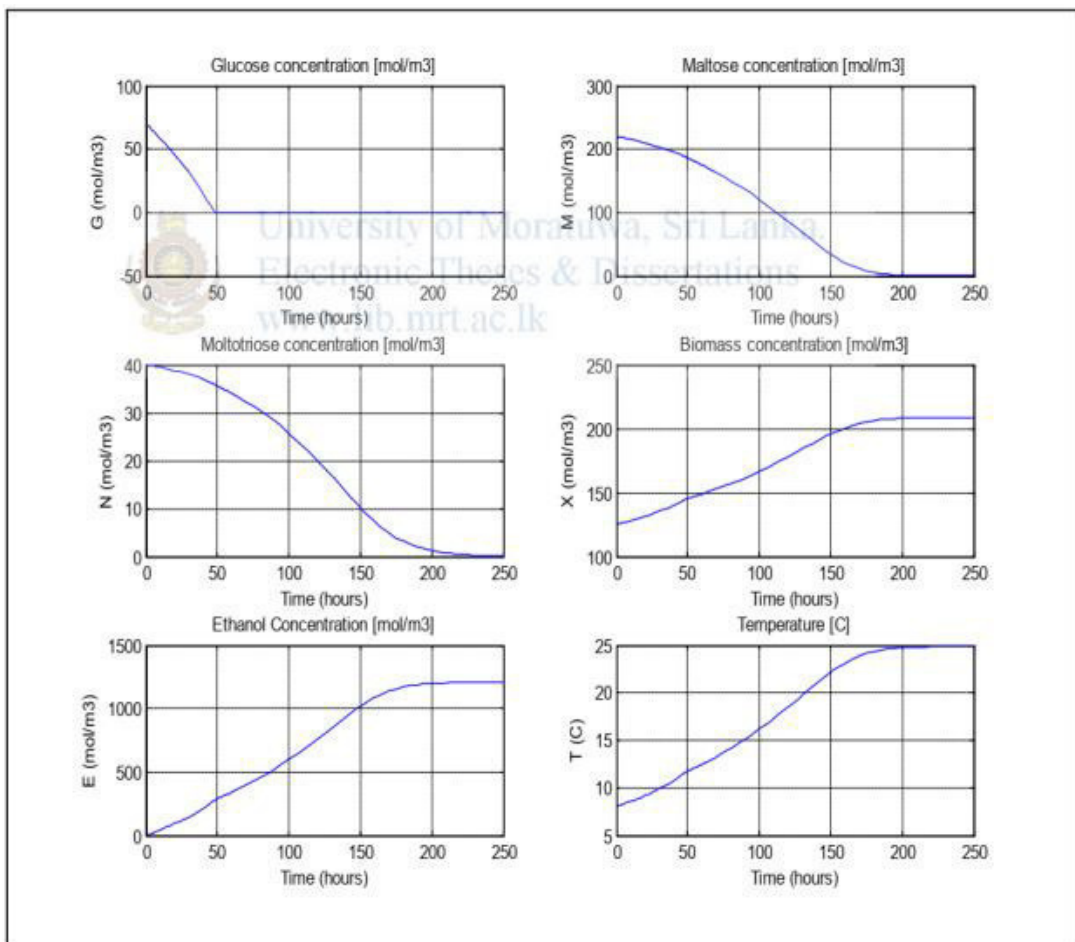


Рисунок 3.4 – Результати моделювання зростання

Значення параметрів в моделі

Таблица 3.3

Description	Symbol	Unit
Glucose concentration	G	mol/m ³
Maltose concentration	M	mol/m ³
Maltotriose concentration	N	mol/m ³
Yeast concentration (biomass)	X	mol/m ³
Ethanol concentration	E	mol/m ³
Temperature	T	°C
Leucine concentration	L	mol/m ³
Isoleucine concentration	I	mol/m ³
Valine concentration	V	mol/m ³
Isobutyl alcohol concentration	IB	mol/m ³
Isoamyl alcohol concentration	IA	mol/m ³
2-methyl-1-butanol concentration	MB	mol/m ³
n-propanol concentration	P	mol/m ³
Ethyl acetate concentration	EA	mol/m ³
Ethyl caproate concentration	EC	mol/m ³
Isoamyl acetate concentration	IAc	mol/m ³
Vicinal diketones concentration	VDK	mol/m ³
Acetaldehyde concentration	AAL	mol/m ³

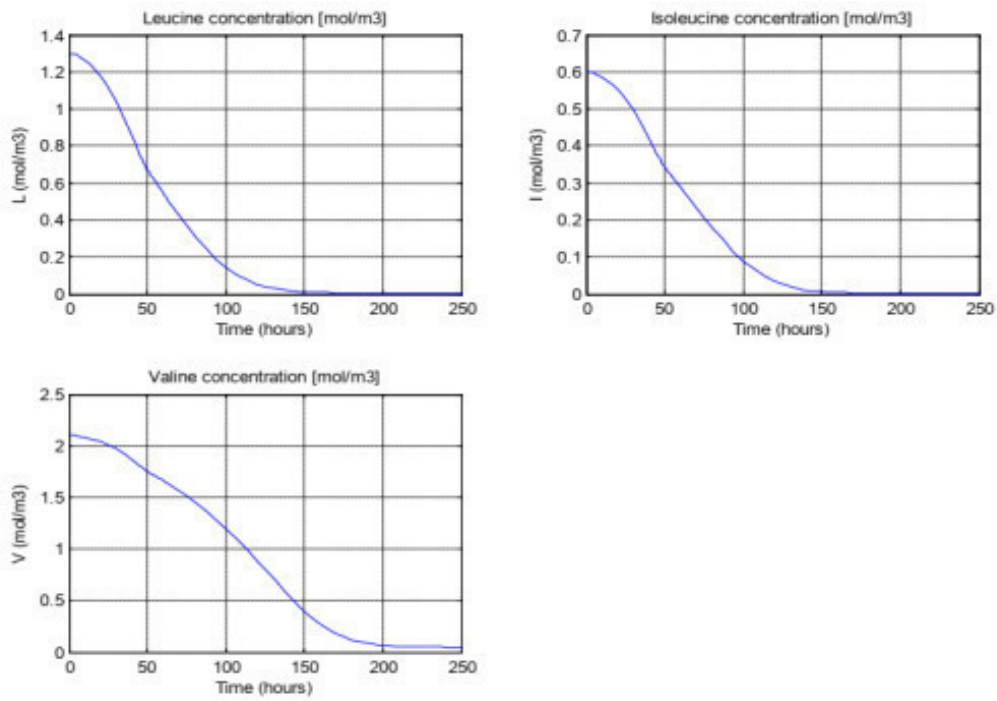


Рисунок 3.5 – Результати моделювання процесу живлення дріжджів

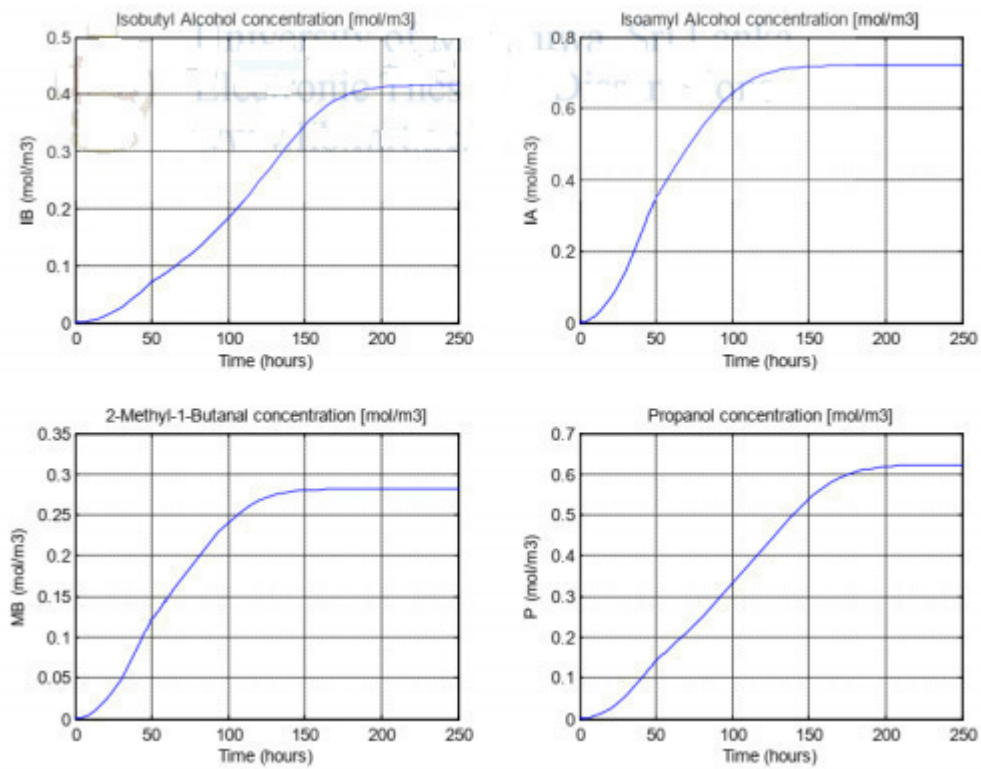


Рисунок 3.6 – Результати моделювання процесу появи сивушного спирту

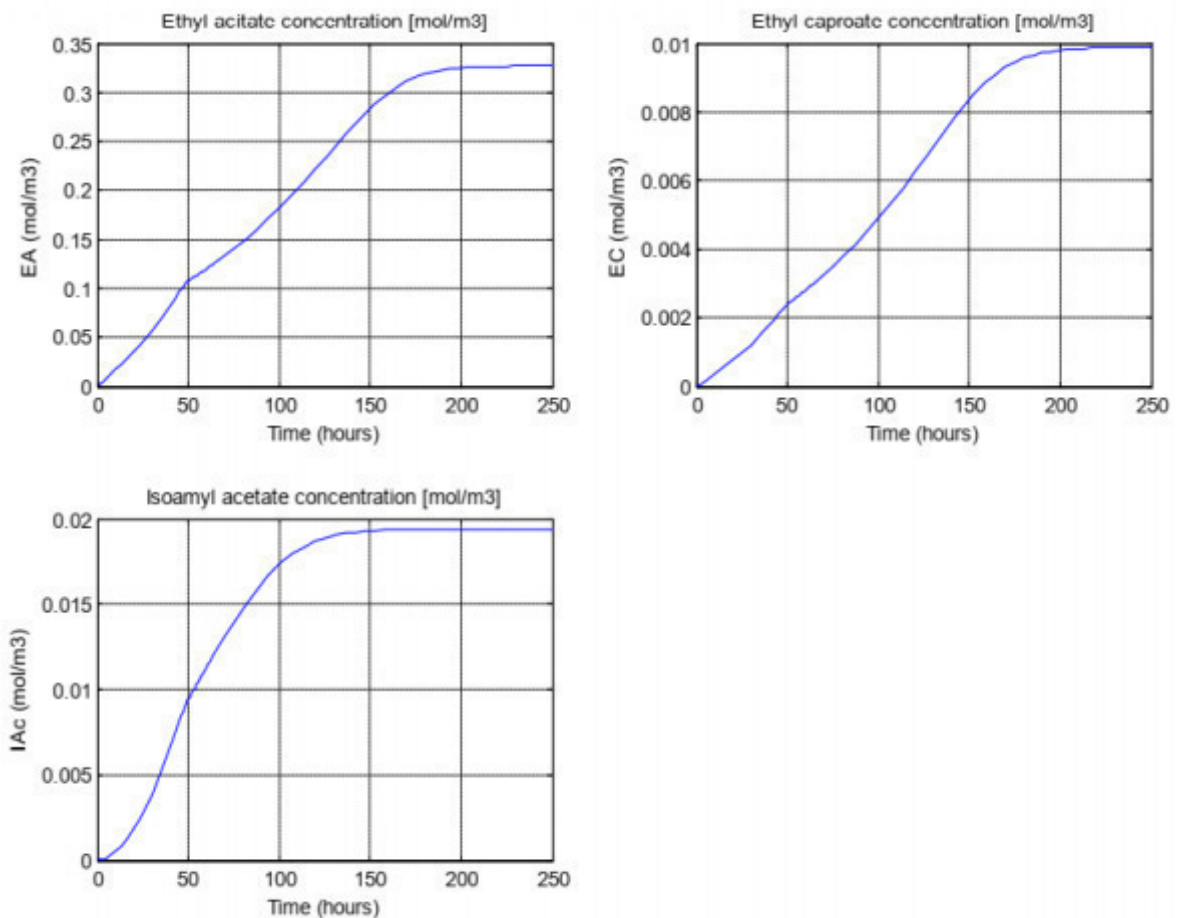


Рисунок 3.7 – Результати моделювання для естерів

Аналогічним чином було проведено моделювання основних процесів з використанням пакету MATLAB для моделі, де буде проводитись контроль температурних режимів роботи. Базове моделювання становить 250 годин для процесу. Результати такого моделювання досзволяють розрахувати та симулювати контур контролю температури. Це дозволяє проводити тонку настройку терморегуляторів, оскільки саме вплив температури та концентрації глюкози саме ефективніше впливає на процес бродіння взагалі.

2.2 Реалізація контролера

Температуру бродіння в бродильному резервуарі потрібно контролювати. Однією з причин є остання частина бродіння дріжджі відновлюються опадами.

Для здійснення опадів температура бродильної рідини повинна бути нижчою. Інша причина - контролювати формування смаку. Тому важливо розробити регулятор температури, щоб дотримуватися заздалегідь визначеного температурного профілю в галузі. Цей температурний профіль може бути діловою таємницею для галузі, оскільки від цього залежить смак. Зазвичай в промисловості резервуари для бродіння охолоджуються за допомогою охолоджуючої сорочки або охолоджуючої котушки. Тому регулятор зворотного зв'язку вибирається для контролю температури в бродильному резервуарі. Було обрано PI (Proportional - Integral) контролер для цього процесу, оскільки PI-контролери довів свій успіх у контролі температури для багатьох промислових процесів.

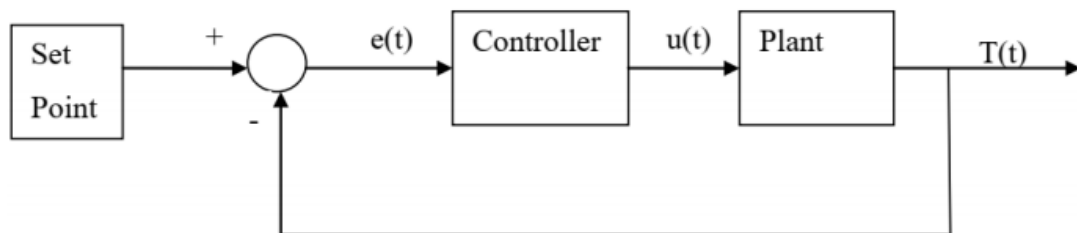


Рисунок 3.8 – Контролер температури. Емуляція

Регулятор температури реалізований в MATLAB Simulink. Модель також реалізована у Simulink, оскільки він має підключитися до контролера. Загальна структура моделі зростання з контролем температури приведена на рис. 2.8.

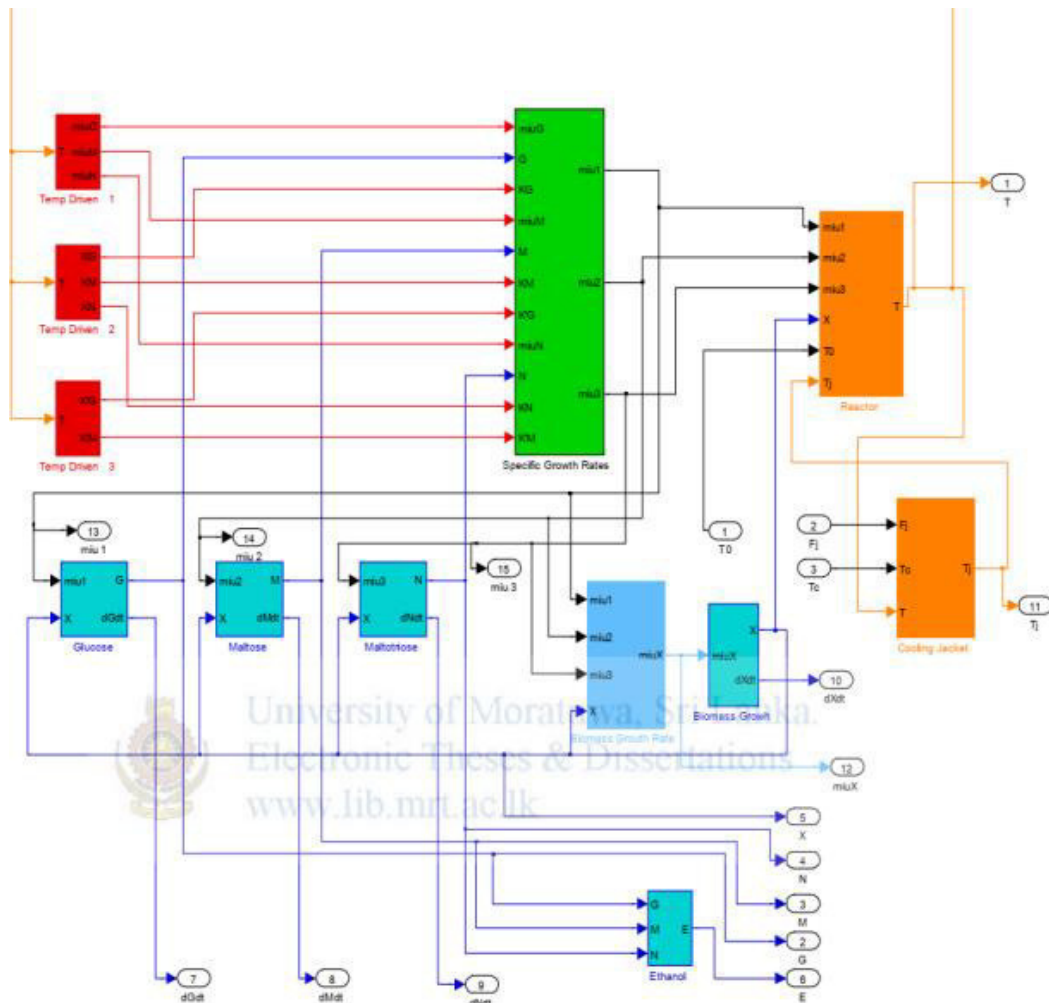


Рисунок 3.9 – Структура моделі зростання при контролі температури

Результати досліджу: Параметри росту. У моделюванні 1 немає регулювання температури. Кінцева температура через 200 годин - 24,80 С. Через 200 годин глюкоза повністю споживається, а мальтоза 0,56%, а мальтотріоза 3%, що залишається у пивовому ферменті. У моделюванні 2 глюкоза дорівнює нулю, а мальтоза та мальтотріоза - 33% та 48%. У моделюванні 3 глюкоза дорівнює нулю, а мальтоза та мальтотріоза, решта відсотків - 21,5% та 34,2%. Залишок цукру згід сквашеного молока - це хороший показник, щоб переконатися, що ферментація йде добре. Його слід споживати з часом. Наявність цукрів надає квасу солодкий аромат. Тому температурний профіль у моделюванні 2 дає більше солодкості, ніж інші два. З іншого боку, цукри спокою впливатимуть на виробництво етанолу. Більше цукру залишається в квасі, значить, сировина не споживається повністю. Для максимального виробництва етанолу всі цукру необхідно споживати протягом бродіння. Виробництво етанолу вище в умовах

без контролю температури через високу температуру. Моделювання 2 дає нижчий виток етанолу, ніж моделювання 2, оскільки температура заварки дещо низька (120 °C). Виробництво дріжджів імітації 1, 2 та 3 дає 66,4%, 44,8% та 52% від початкових концентрацій відповідно. Здається, більше споживання цукру дасть більше зростання дріжджів. Зазвичай дріжджі збирають на дні ферментаційного резервуару в кінці бродіння охолодженням і піддають повторному використанню. Більше виробництво дріжджів збільшує кількість циклів повторного використання, і це також призведе до отримання диких дріжджів, що не добре для бродіння. Тому кількість циклів повторного використання завжди обмежена. Інше моделювання виконується протягом 250 годин для тих же температурних профілів. Здається, що більше споживання цукру та більше виробництва етанолу забезпечується збільшенням часу бродіння, але меншим ефектом для росту дріжджів. З 64 іншого боку, більше час бродіння дає менше виробництва на день, а галузі завжди цікаві щодо максимізації виробництва етанолу за менший час бродіння

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), відобразить лише внутрішні елементи класифікатора (частини, порти та з'єднувачі), внутрішня блокова діаграма, створена для пакета, відобразить 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 41 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.

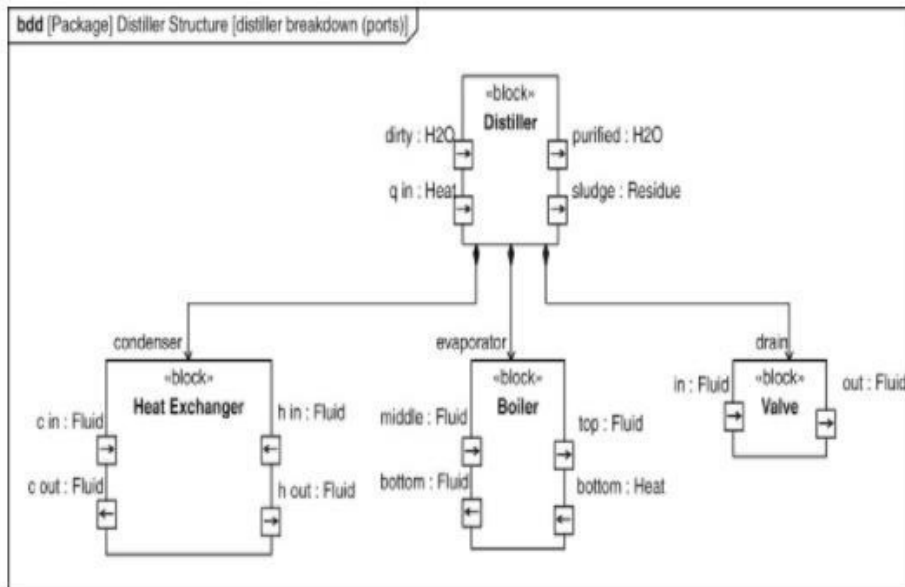


Рис. 3.10. Internal Block diagram

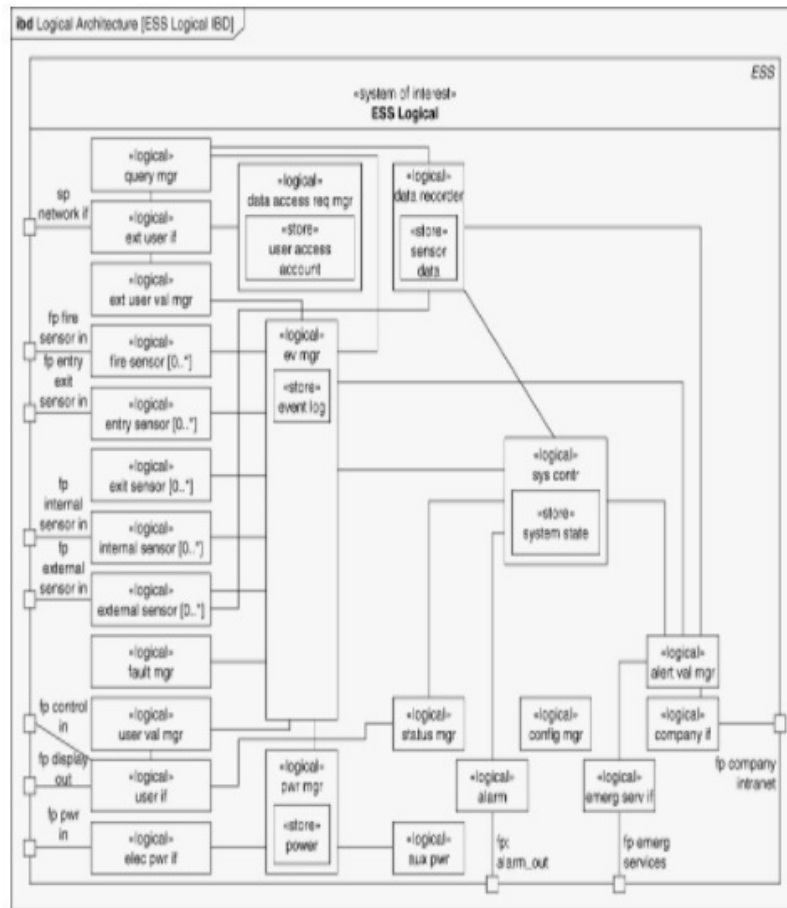


Рис. 3.11. Internal Block diagram

5.3.3. Визначення параметрів ІСК (Parametric diagram)

Проведений структурний аналіз процесів виробництва квасу, що дозволило виділити основні етапи дослідження технологічних процесів виробництва квасу, встановити взаємодію між ними та органічно зв'язати теоретичні та експериментальні дані, що отримані при аналізі кожного рівня системи. Розбиття системи на ієрархічні рівні відповідає окремим блокам загальної математичної моделі. При цьому відбувається послідовна деталізація процесів та явищ від верхніх рівнів до нижчих та узагальнення інформації при русі до більш високих рівнів.

Технологічні процеси виробництва квасу є складними динамічними системами, ефективне керування якими можливе шляхом застосування їх математичних моделей, побудованих на основі теорій нерівноважної термодинаміки, синергетики. Виходячи з розробленої концепції, створені нелінійні динамічні математичні моделі основних технологічних процесів.

Найбільш складною стадією в квасоварному виробництві є процес бродіння. До теперішнього часу запропоновано багато моделей, які описують цей процес. До того ж вони мають певні особливості для кожного біотехнологічного процесу окремо і виробництво не є виключенням. Складність процесу бродіння полягає не тільки в біохімічному механізмі його протікання, але й супутніх йому масообмінних процесах, що пов'язано із наявністю поверхні розділу твердої та рідкої фази.

Розроблена модель, що враховує зміну біомаси, цукру та етилового спирту.

$$\begin{aligned}
 x_a + x_{e3} &= const = 0.48x_0 \\
 \frac{dx_a}{dt} &= 0.0589(0.48x_0 - x_a) \\
 \frac{dx_{e3}}{dt} &= -\dot{x}_a = -0.0589x_{e3}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\frac{dx_a}{dt} = \mu_x x_a - 0.0058x_a + \mu_L x_{e3} \tag{2}$$

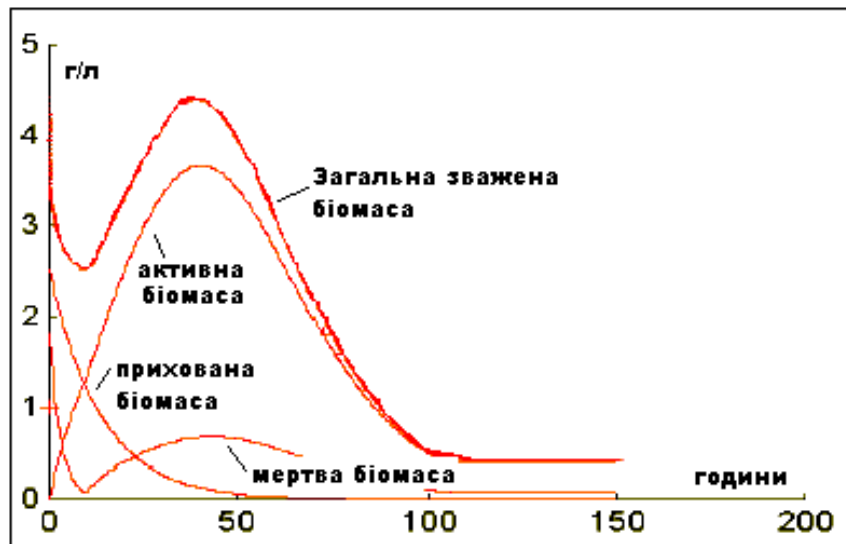
$$\frac{dx_{oc}}{dt} = 0.1996x_m \quad \mu_x = \frac{0.0115s}{0.5s_0 + e} \tag{3}$$

$$\frac{ds}{dt} = \mu_s x_a \quad \frac{de}{dt} = \mu_a f x_a \tag{4}$$

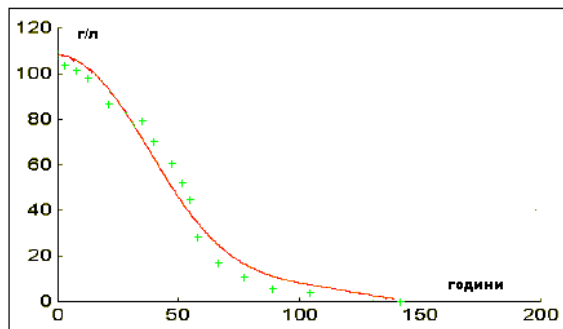
$$f = 1 - \frac{e}{0.5s_0}; \quad \mu_s = \frac{0.4672s}{k_s + s}; \quad \mu_a = \frac{0.3004s}{3.2098 + s} \tag{5}$$

де x_0 - початкова концентрація біомаси, г/л; x_{e3} - концентрація загальної зваженої біомаси, г/л; x_a - концентрація загальної активної біомаси, г/л; x_m - концентрація загальної мертвої біомаси, г/л; x_{oc} - концентрація біомаси, що осіла, г/л; s_0 - початкова концентрація цукру, г/л; s - концентрація цукру, г/л; e - концентрація етанолу, г/л.

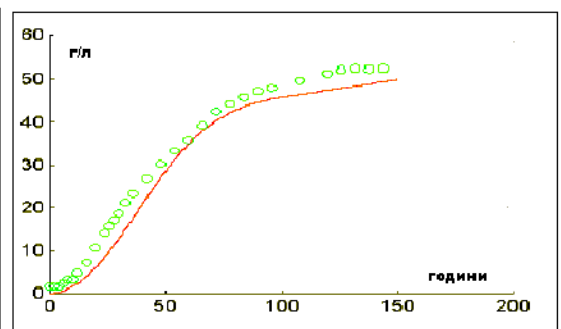
Результати моделювання (1-5) наведені на рис.1.



а)



б)



в)

Рисунок 3.12. Графік зміни концентрації речовин в суслі:

а) біомаси; б) цукру; в) етанолу.

Кінетичні моделі росту популяції дріжджів, що складають основу загальної математичної моделі процесів бродіння в квасовому виробництві, відображають всю складну сукупність біохімічних процесів, що відбуваються в клітинах, і взаємний вплив клітинок в дріжджовій популяції. В залежності від методу побудови кінетичної моделі, “глибини” розгляду та “охоплення” впливових факторів математичний опис моделей різний по своїй складності. Розробка кінетичних моделей, інваріантних відносно масштабу технологічних апаратів, представляє певну складність через суттєвий вплив ефектів масопередачі та гідродинамічного стану на ріст популяції дріжджів. Крім того, параметри ферментативного процесу

значно змінюються від гідродинамічного стану, що також може призвести до спотворення кінетичних залежностей.

Кінетична нелінійна модель, яка описує процес гідролізу крохмалю при приготуванні затору, виглядає наступним чином:

α -амілаза

КРОХМАЛЬ \rightarrow ДЕКСТРИНИ + МАЛЬТОЗА + ГЛЮКОЗА

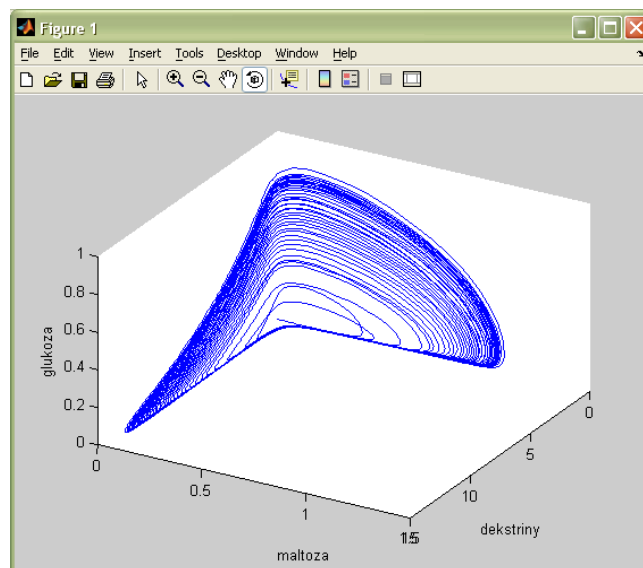
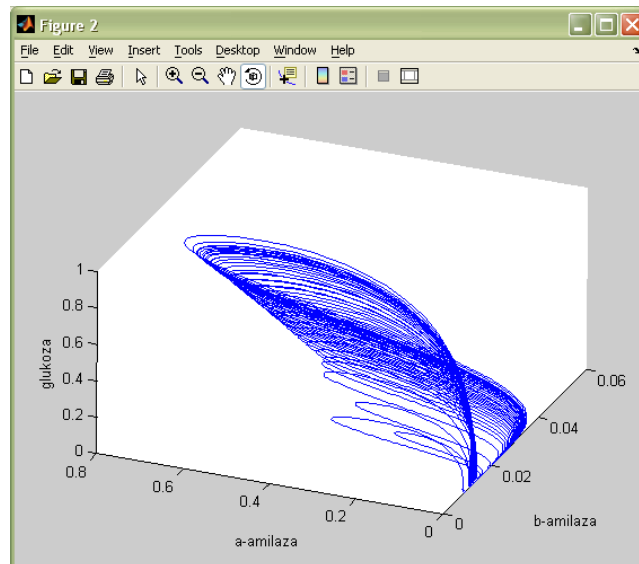
β -амілаза

КРОХМАЛЬ \rightarrow МАЛЬТОЗА + ДЕКСТРИНИ

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dG_k}{d\tau} = 0,01 - 0,5 \frac{F_\beta}{1 + F_\beta} \cdot \frac{G_k}{1 + G_k + D} \\ \frac{dD}{d\tau} = \frac{F_\alpha}{0,09 + F_\alpha} \cdot \frac{G_k}{1 + G_k + D} - 2 \frac{F_\beta}{0,6 + F_\beta} \cdot \frac{D}{0,1 + D + D_m} \\ \frac{dD_m}{d\tau} = 4 \frac{F_\beta}{0,6 + F_\beta} \cdot \frac{G_k}{0,1 + G_k + D_m} - 4 \frac{D \cdot D_m}{1 + D_m + D} \\ \frac{dF_\beta}{d\tau} = E_0 \frac{G_k}{1 + G_k} \cdot \frac{0,05X}{0,05 + D + D_m} - 0,005F_\beta \\ \frac{dF_\alpha}{d\tau} = E_{01} \frac{D}{1 + D} \cdot \frac{0,1X}{0,1 + D + D_m} - 0,2F_\alpha \\ \frac{dX}{d\tau} = 2,3 \frac{X \cdot D_m}{1 + D_m + X} - 0,2X \end{array} \right. \quad (6)$$

де G_k – концентрація крохмалю; D – концентрація мальтодекстрину; D_m – концентрація мальтози; F_α – концентрація α -амілази; F_β – концентрація β -амілази; X – концентрація глюкози; E_0 – коефіцієнт активності β -амілази; E_{01} – коефіцієнт активності α -амілази.

3.4. Розробка та моделювання ІСК

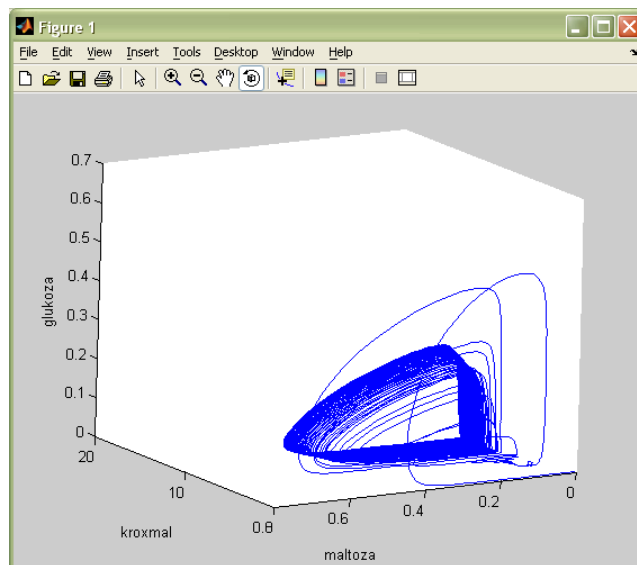
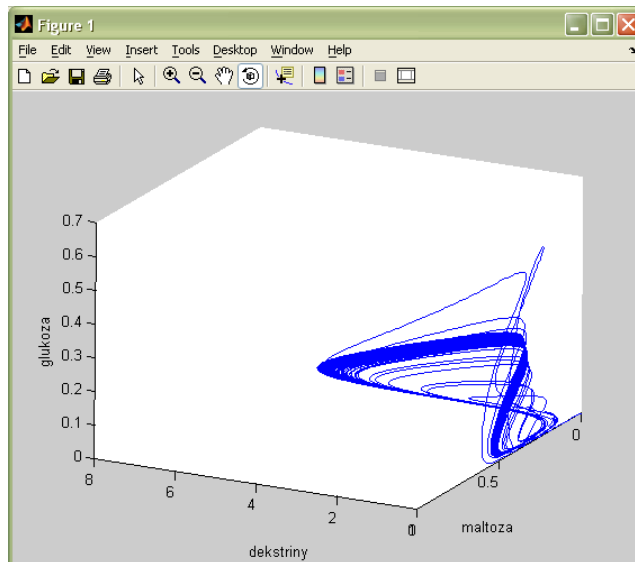


а)

б)

Рисунок 3.13. Атрактор процесу затирання при концентрації ферментів $E_{01}=11$:

а) в координатах $F_\beta - F_\alpha - X$; б) в координатах $D - D_m - X$.

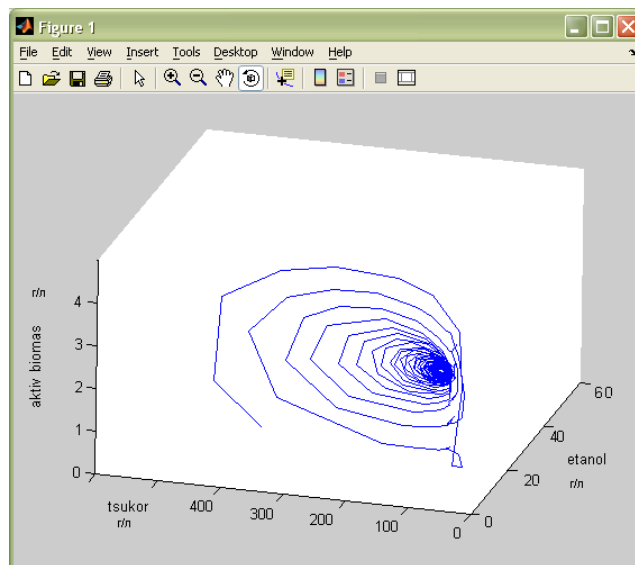
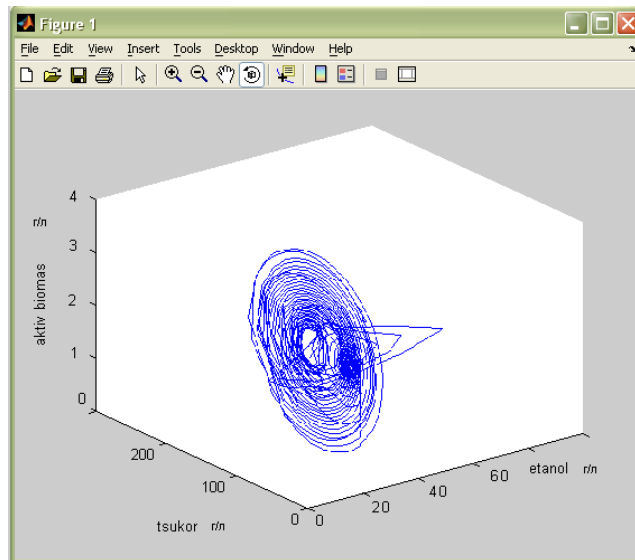


a)

б)

Рисунок 3.14. Атрактор процесу затирання при концентрації ферментів $E_{0I}=5$:

а) в координатах $D - D_m - X$, б) в координатах $D_m - G_k - X$.



a)

б)

Рисунок 3.15. Атрактори процесу бродіння:

а) $x_0=0,5$; б) $s_0=0.013$.

В результаті обробки експериментальних даних технологічного процесу варки затору, було отримано за методом найменших квадратів такі співвідношення, що використані в моделі (6):

$$E_{01}=0,0019\tau^4 + 0,0583\tau^3 - 0,6394\tau^2 + 3,4815\tau + 0,0448,$$

$$E_0=0,0154\tau^4 + 0,4158\tau^3 - 4,1464\tau^2 + 19,188\tau - 0,2797, \text{ де } \tau - \text{ час гідролізу.}$$

На основі теорії синергетичного управління, шляхом комп'ютерного моделювання була досліджена поведінка технологічних процесів гідролізу затору і бродіння сусла. Були встановлені різноманітні прояви атрактивної поведінки об'єктів (фокус, граничний цикл, дивний атрактор). Результати комп'ютерного моделювання наведені

Визначені управляючі параметри для гідролізу затору (коефіцієнти активності β -амілази E_0 і α -амілази E_{01}). Встановлені явища самоорганізації та утворення дисипативних структур дозволили визначити ситуаційно-значущі зони в сценаріях управління основними технологічними процесами виробництва квасу.

Проведена параметрична ідентифікація моделей процесів бродіння сусла у класі моделей Моно-Ієрусалімського, Ментена на основі даних пасивних експериментів, проведених на апаратах (біореакторах, бродильних чанах).

Був проведений виробничий експеримент і отримані часові ряди змінювання основних технологічних параметрів виробництва квасу. Проведений аналіз технологічних часових рядів (12 параметрів процесів приготування затору, фільтрування та бродіння сусла) дозволив провести комплексний аналіз технологічних систем та процесів методами нелінійної динаміки (теорії хаосу), який виконувався в декілька етапів:

1. Етап візуалізації, аналізу та попередньої обробки часового ряду.
2. Обчислення метричних характеристик, що дозволяють діагностувати тип динаміки.
3. Побудова прогнозу: або локального, шляхом пошуку близьких траєкторій, або глобального, шляхом реконструкції атрактора або побудови предиктора (специфічної прогнозної функції).

На другому етапі комплексного аналізу обчислені метричні характеристики, що дозволяють діагностувати тип динаміки. Цей етап складається з наступних кроків:

- оцінка кореляційної розмірності D ;
- оцінка K -ентропії Колмогорова;

- оцінка показника Херста H .

За отриманими часовими реалізаціями відновлювалися (реконструювалися) експериментальні атрактори системи. Реконструкція фазового простору здійснювалась на основі теореми Такенса.

Часовий ряд експериментальних даних $\{s_k\}_{k=0}^{M-1}$ отримали з певним кроком за часом, який залежить від періоду опитування датчика Δt , час $t=k \cdot \Delta t$.

Якщо система знаходиться в стаціонарному режимі, то фазова траєкторія проходить всередині атрактора. Для відновлення атрактора Такенсом був запропонований метод часової затримки координат, тобто в n -вимірному просторі будується послідовність точок виду:

$$x_k = (s_k, s_{k+\tau}, \dots, s_{k+(n-1)\tau}), \quad (7)$$

де $k = \overline{0, m-1}$, $m = M - (n-1)\tau$, M – множина точок, що описує процес, τ – часова затримка, n – розмірність вкладення.

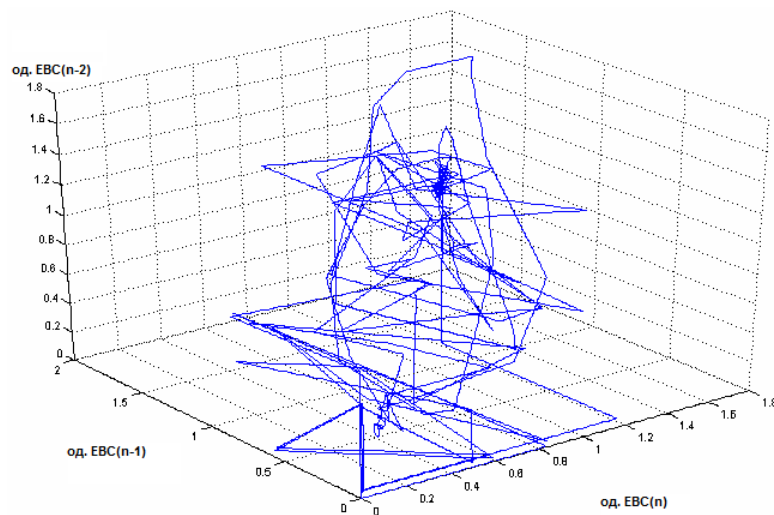


Рисунок 3.16. Реконструкція атрактора (метод Такенса): псевдофазовий простір зміни мутності сусли (од. ЕВС).

В контексті оцінки роботи варильного відділення основний результат буде полягати в наступному: якщо $M \rightarrow \infty$, то множина точок $x_k \in R^n$ задає вкладення вихідного атрактора майже при будь-якому виборі спостережуваної змінної, якщо n

- не менше подвійної розмірності вихідного атрактора. Для оцінки експериментальних характеристик реально досліджуваного атрактора з метою зменшення помилки, обумовленою обмеженістю набору експериментальних точок $\{s_k\}_{k=0}^{M-1}$, проведені розрахунки при декількох різних значеннях M та n з метою досягнення незалежності отримуваних оцінок характеристик від M та n в межах заданої точності.

Часова затримка τ обиралась таким чином, щоб кореляція між s_k та s_{k+l} була по можливості мінімальною, тобто обчислювалась автокореляційна функція часового ряду:

$$B(\tau) = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} (s_k - \bar{s})(s_{k+\tau} - \bar{s}) \quad (8)$$

$$m = M - \tau.$$

Число точок M в розрахунках кінцеве, але повинно бути достатньо великим і визначалось таким чином:

$$M \geq M_{\min} = 10^{2+0,4D}, \quad (9)$$

де D - це розмірність атрактора.

Далі визначали кореляційний інтеграл $C(r)$, який показує відносне число пар точок атрактора, що знаходяться на відстані не більшій r

$$C(r) = \frac{1}{m(m-1)/2} \sum_{i=0}^{m-2} \sum_{j=i+1}^{m-1} \Theta(r - \rho(x_i, x_j)), \quad (10)$$

де, Θ - функція Хевісайда; ρ - відстань в n -вимірному фазовому просторі; m - число точок на атракторі.

Якщо виконується умова $C(r) \approx r^D$, то D розраховують як кореляційну розмірність атрактора із співвідношення $\ln C(r) \approx D \ln r$.

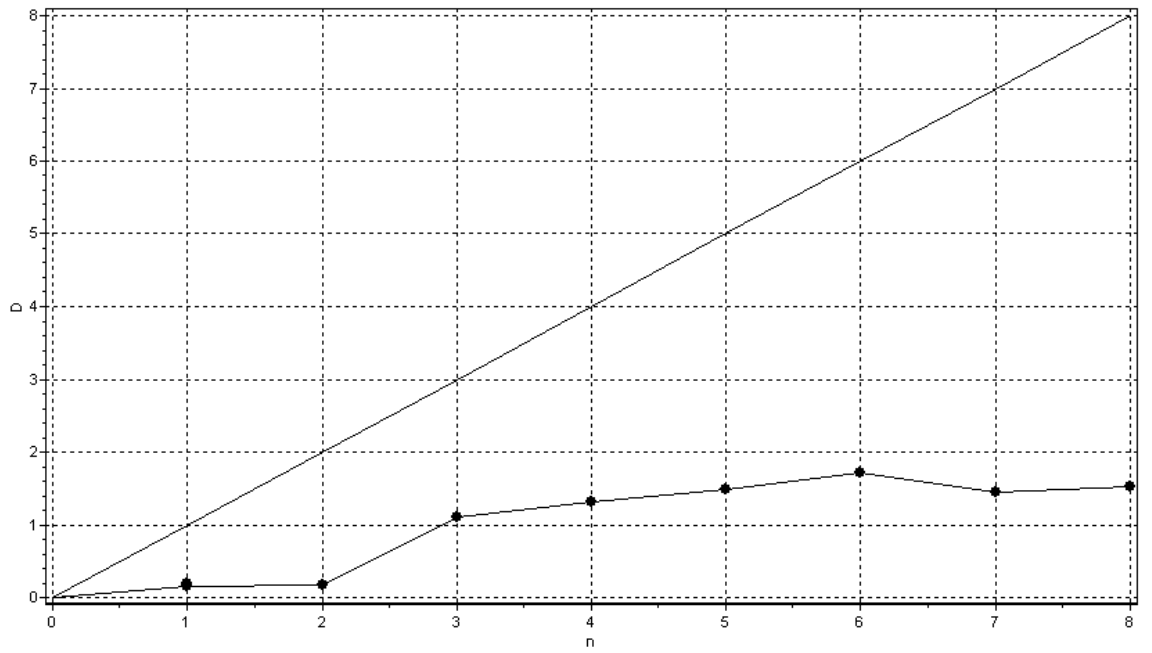


Рисунок 3.17. Графік кореляційної розмірності для температури варки сусла

$$D_2=1,713$$

Розраховані кореляційні (фрактальні) розмірності атракторів D_2 дозволили встановити внутрішні побудови точок атрактора (три-шість параметрів порядку).

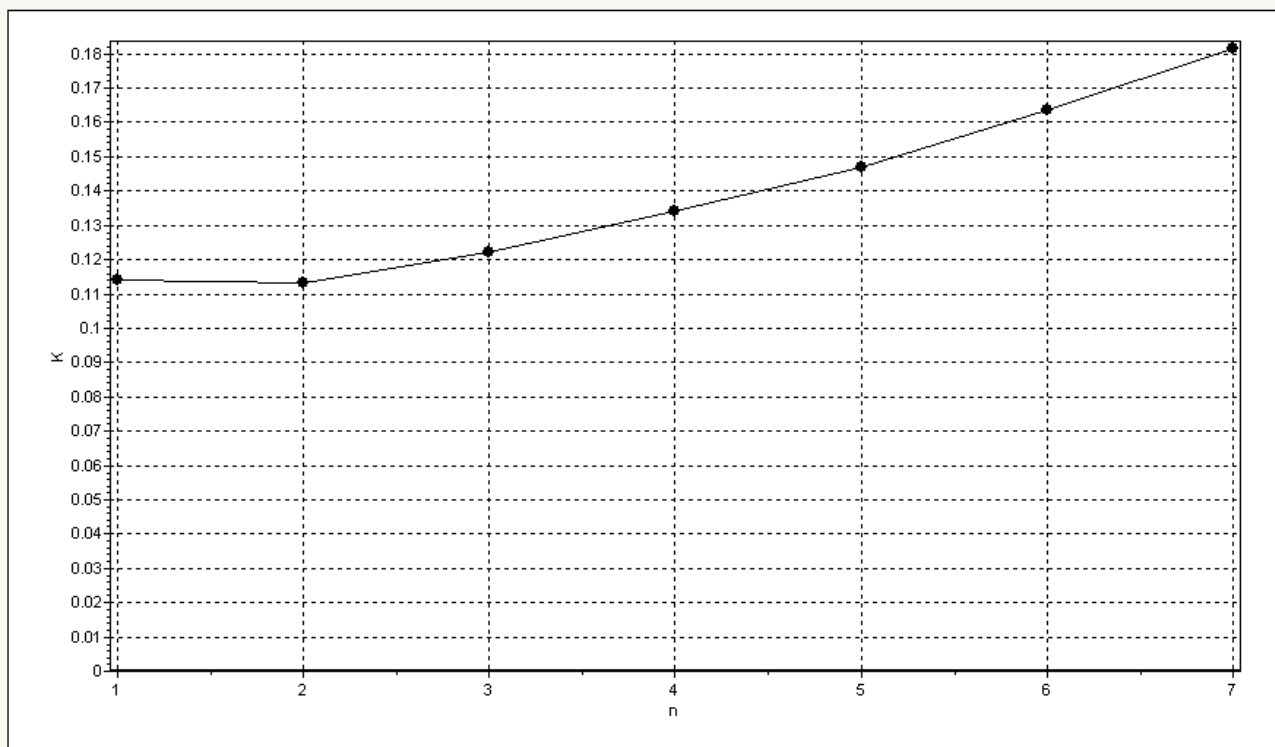


Рисунок 3.18. Графік кореляційної ентропії для температури варки сусла
 $K_2=0,114$.

Кореляційна ентропія K розраховувалась як кореляційний інтеграл (10) і при її визначенні розглядалось не тільки її залежність від відстані r , але й залежність від розмірності фазового простору n . При цьому вважалось, що:

$$C(r,n) \approx r^D \exp(-nK) \quad (12)$$

Звідси

$$K(r,n) = \ln \frac{C(r,n)}{C(r,n+1)} \quad (13)$$

При цьому ентропія K апроксимується в обраному діапазоні r та n . Кореляційна ентропія Колмогорова K показує середню швидкість втрати інформації з часом для характеристики глибини прогнозу.

Отримані оцінки для технологічних параметрів, що аналізувались, є свідченням того, що поведінка системи являє собою детермінований хаос.

Значення показника Херста обчислювалось як відношення розмаху ряду до його середньоквадратичного відхилення R/S у задані моменти часу τ_k . Для прикладу, показник Херста для окремо взятої змінної – температури варки сусла рівний $0,5 < H = 0,8088 < 1$, що свідчить про персистентність цього параметру.

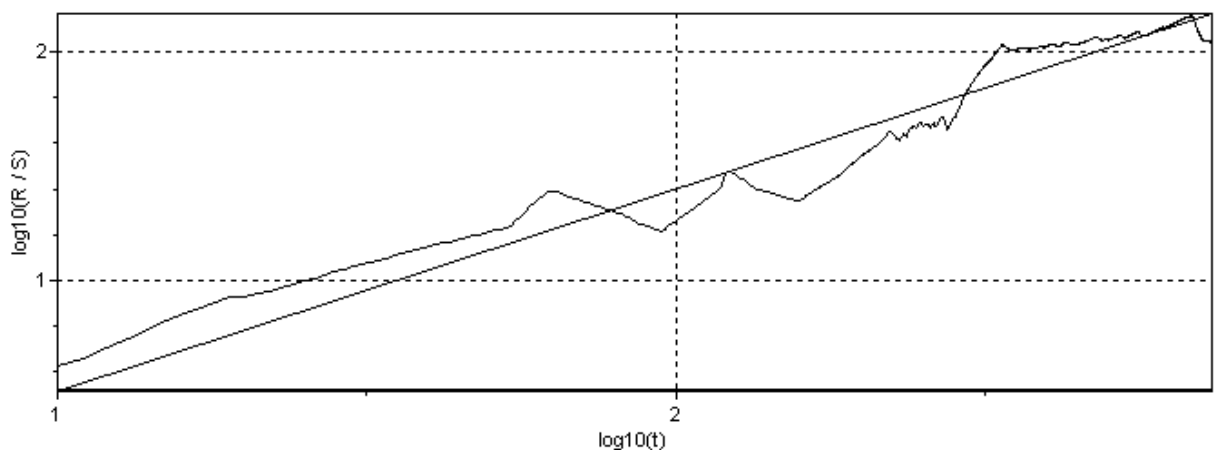


Рисунок 3.19. Графік Херста для мутності сусла ($H=0,8813$).

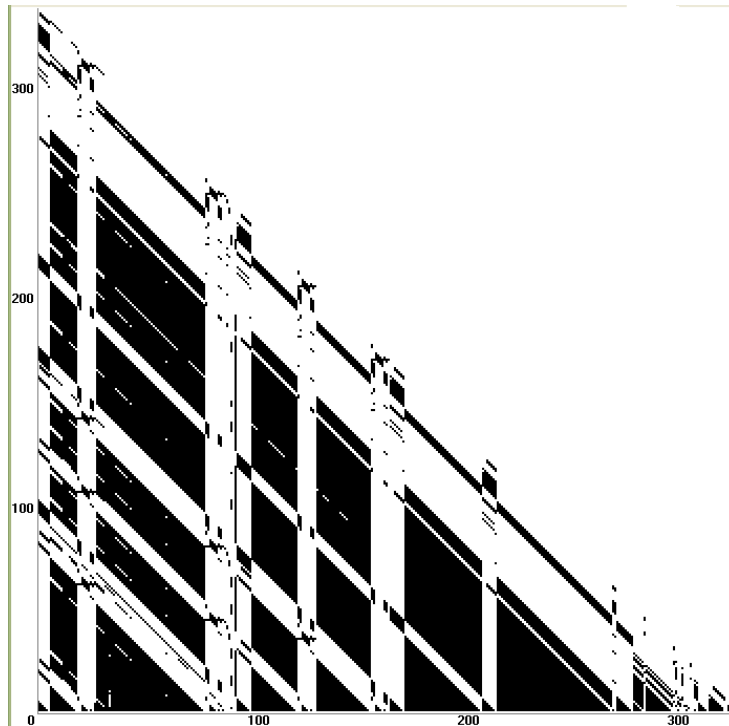


Рисунок 3.20. Результат графічного тесту Гілмора (мутність сусла).

Був проведений аналіз часових рядів основних технологічних змінних з метою оцінки утворених просторово-часових структур в результаті еволюції системи за допомогою розробленої програми „Графічний тест Гілмора”. Теоретичною основою цього аналізу була теорія русел та джокерів. Аналізи показали, що всі часові ряди мають складну структуру (рис. 9): вони характеризуються „стохастичною переміжністю”, тобто спостерігаються області русел (темні зони) - детермінований хаос і області інтервальних джокерів (білі зони) – зони стохастичної поведінки. Це дозволило при формуванні сценаріїв управління визначати переходи між ситуаційно-значущими зонами.

3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних

Сценарний підхід дозволяє адекватно формулювати думки фахівців та використовувати результати експериментальних досліджень атрактивної поведінки щодо прогнозування перебігу подій у складних системах шляхом проведення багатоваріантного ситуаційного аналізу розвитку об'єкта управління. Кожен сценарій зв'язує зміну зовнішніх умов із параметрами. Сценарії управління

визначаються як послідовність переходів за правилами нечіткої логіки між ситуаційно-значущими зонами, представлених комплексом моделей, що оцінюють обстановку на об'єкті.

Сценарій – спосіб досягнення поставлених цілей з врахуванням факторів впливу зовнішнього середовища, внутрішніх явищ самоорганізації, квазіінформаційних гіпотез особи, що приймає рішення, в умовах невизначеності.

Для квасо виробництва проведений факторно-цільовий аналіз, що дозволило встановити і провести корекцію цілей управління та фактори впливу на них (див. табл. 1).

Фактори, що впливають в процесі виробництва квасу

Таблиця 3.4

Позначення	Зміст
Ф1	Вологість солоду
Ф2	Екстрактивність і ферментативність солоду та сусла
Ф3	Якість помелу
Ф4	Прозорість сусла
Ф5	Ступінь зброджування
Ф6	Ступінь (якість) фільтрації сусла та квасу

Сценарії управління будуються на абстрактному А-сценарій (рис. 10), об'єктні потоки в цьому сценарії подані в наступній таблиці (табл. 2), і структурному С-сценарії.

Проведене когнітивне моделювання за допомогою програмного засобу „Канва” дозволило виявити вплив факторів для процесів виробництва квасу (рис. 11). Когнітивне моделювання проводилось в такій послідовності: побудований орієнтовано-зважений граф; представлені числові результати змін факторів в

залежності від обраного сценарію, в якому обираються ціль управління, „вхідні" та „вихідні" фактори когнітивної моделі; побудовані графіки змін факторів відносно один одного в залежності від сценарію.

Основні об'єктні потоки

Таблиця 3.5

Позначення	Зміст
P1	Витрата води
P2	Витрата солоду
P3	Витрата несолоджених матеріалів
P4	Витрата затору
P5	Витрата сусла
P6	Витрата пари
P7	Витрата дріжджів
P8	Витрата нефільтрованого квасу
P9	Витрата готового квасу

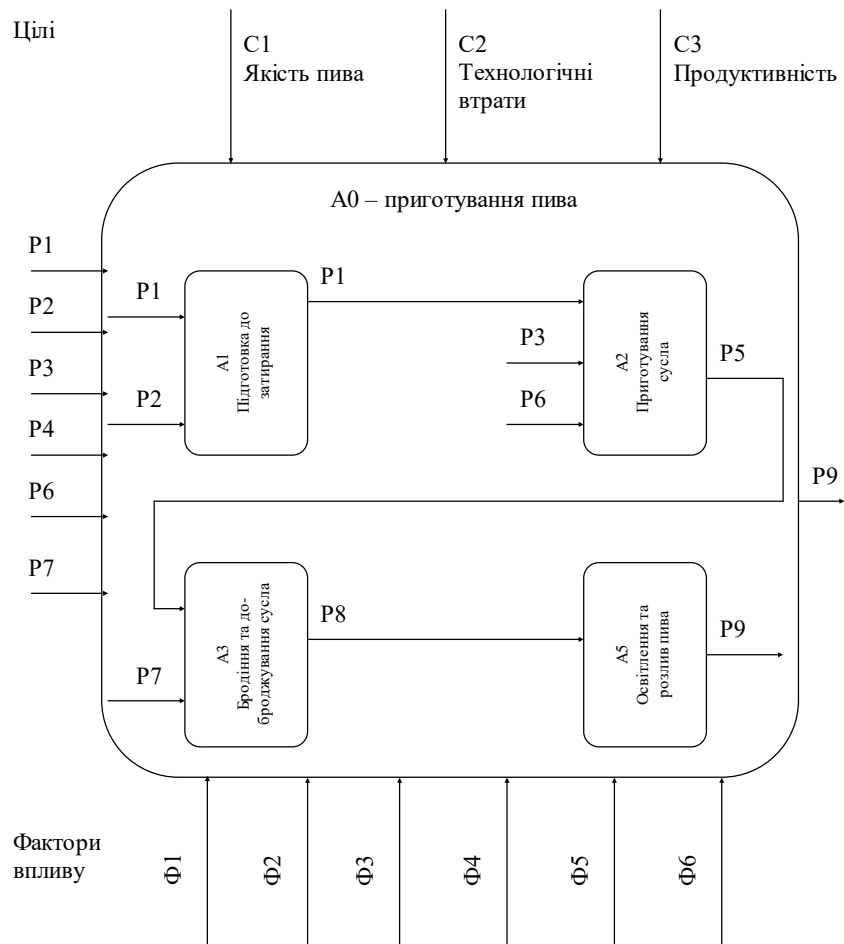


Рисунок 3.21. А-сценарій алгоритму управління процесами приготування квасу.

Для реалізації сценаріїв управління процесами квасового виробництва була зроблена формалізація змінних на основі лінгвістичної апроксимації, яка будувалась на базі експертної інформації, що отримана в результаті опитування експертів. На рис. 12 показаний приклад лінгвістичної апроксимації змінної „прозорість сусле”.

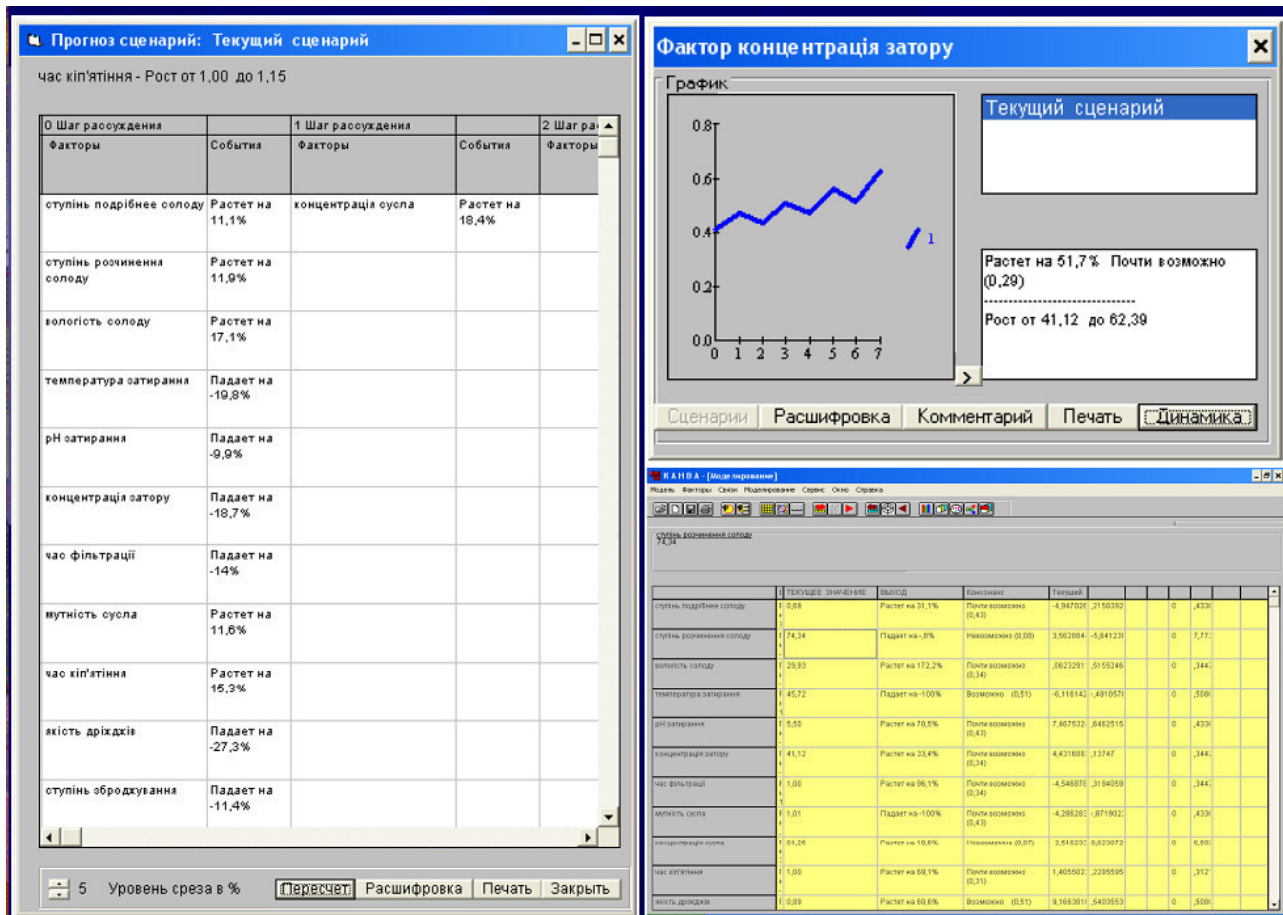


Рисунок 3.22. Результаты моделирования сценариев управления в системе Канва.

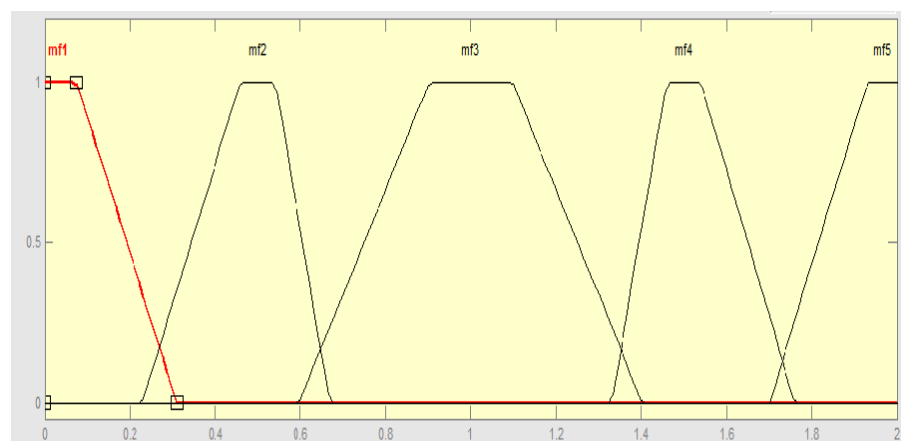


Рисунок 3.23. Лінгвістична апроксимація прозорості сусла.

Задача оптимального управління формувалась наступним чином.

Необхідно мінімізувати вартість проходження одиниці продукції (14).

$$\sum_i \sum_j c_{ij} f_{ij} \rightarrow \min, \quad (14)$$

за умови, що

$$\sum_j f_{sj} - \sum_j f_{js} = 1 \quad (15)$$

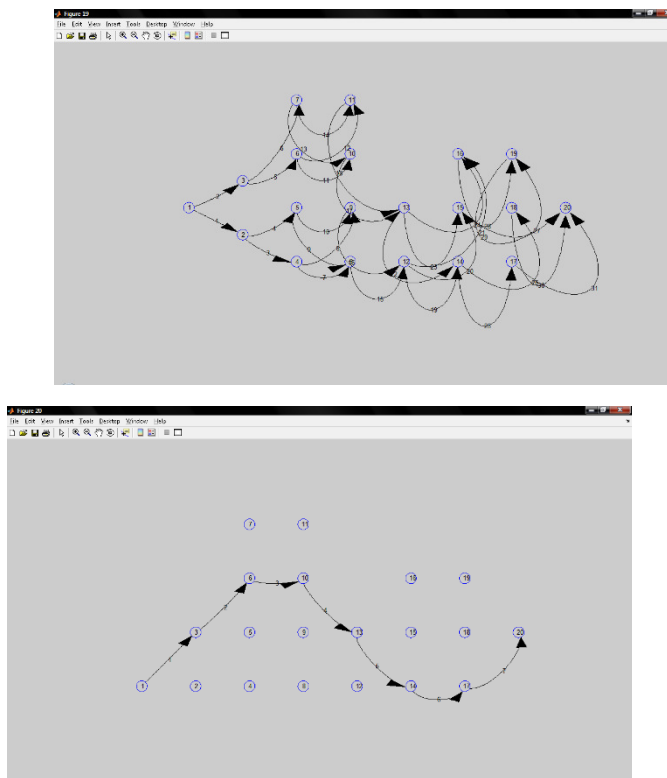
$$\sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji} = 0, \quad i \neq s, \quad i \neq t, \quad (16)$$

$$\sum_j f_{ij} - \sum_j f_{jt} = -1, \quad (17)$$

$$f_{ij} \geq 0, \quad (18)$$

де f_{ij} – об'єм потоку, c_{ij} – вартість потоку.

В результаті використання мережевої оптимізації було отримано шляхи послідовностей проходження продукту при різних ситуаціях сценаріїв.



a)

б)

Рисунок 3.24. Мережева оптимізація процесів приготування затору:

а) поточна графова модель ситуації управління; б) результат розрахунку за алгоритмом Дейкстри.

Приклад реалізації і результату оптимізації за мережним методом (алгоритм Дейкстри) показаний на рис. 13.

Структура автоматизованої системи управління технологічним комплексом виробництва квасу передбачає використання сучасних програмно-технічних засобів з інтелектуальними підсистемами.

Структура системи автоматизації виробництвом квасу наведена на рис. 14.

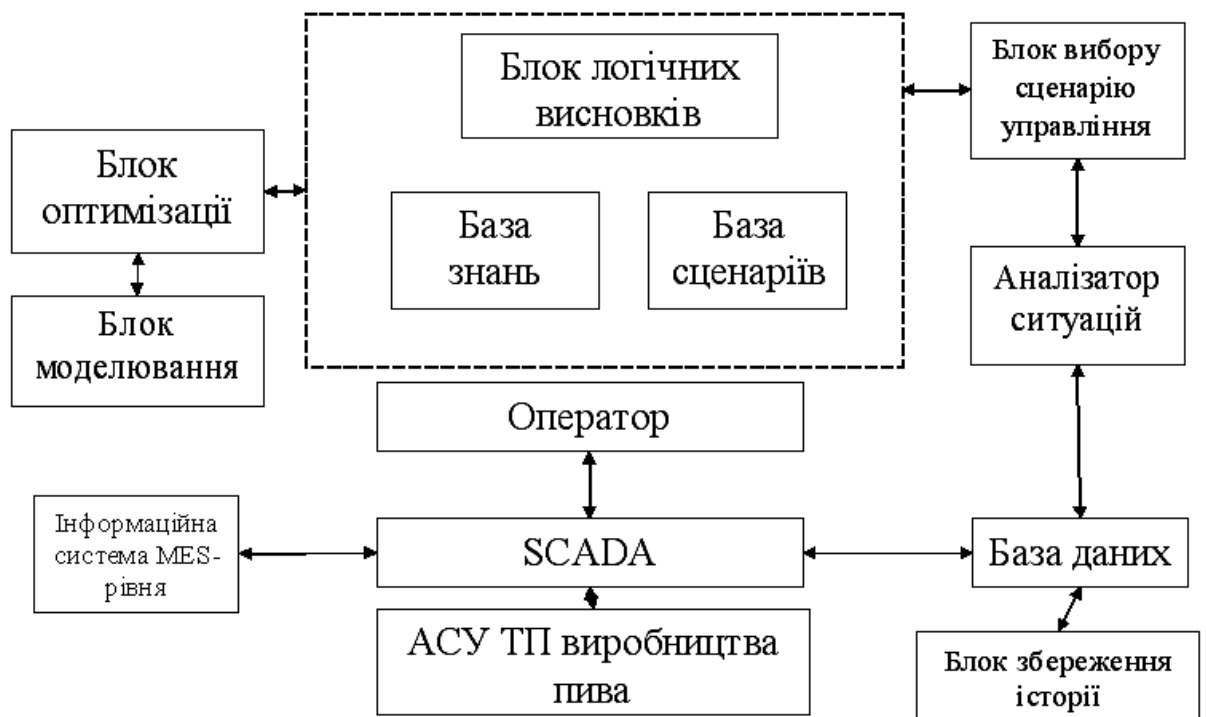


Рисунок 3.25. Структура системи автоматизованого управління.

Для дослідження ефективності роботи системи автоматизованого управління технологічним комплексом виробництва квасу, було проведене імітаційне дослідження. Приклад такого дослідження для процесів гідролізу затору показаний

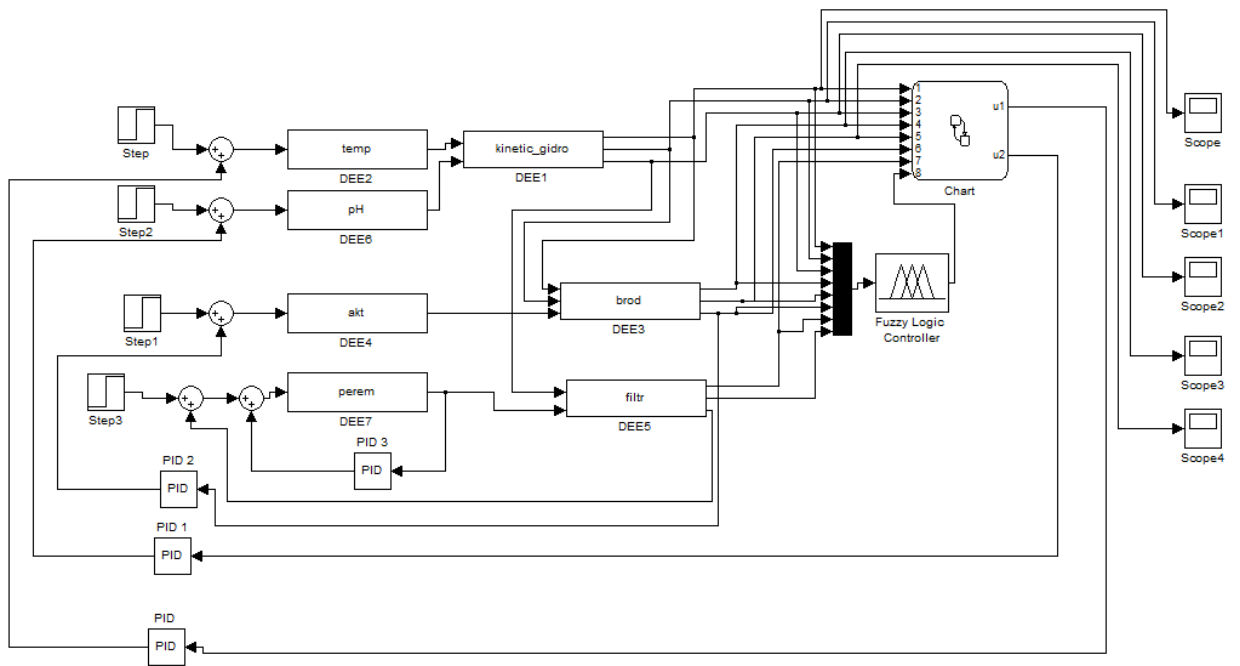


Рисунок 3.26. Імітаційне представлення процесу гідролізу затору.

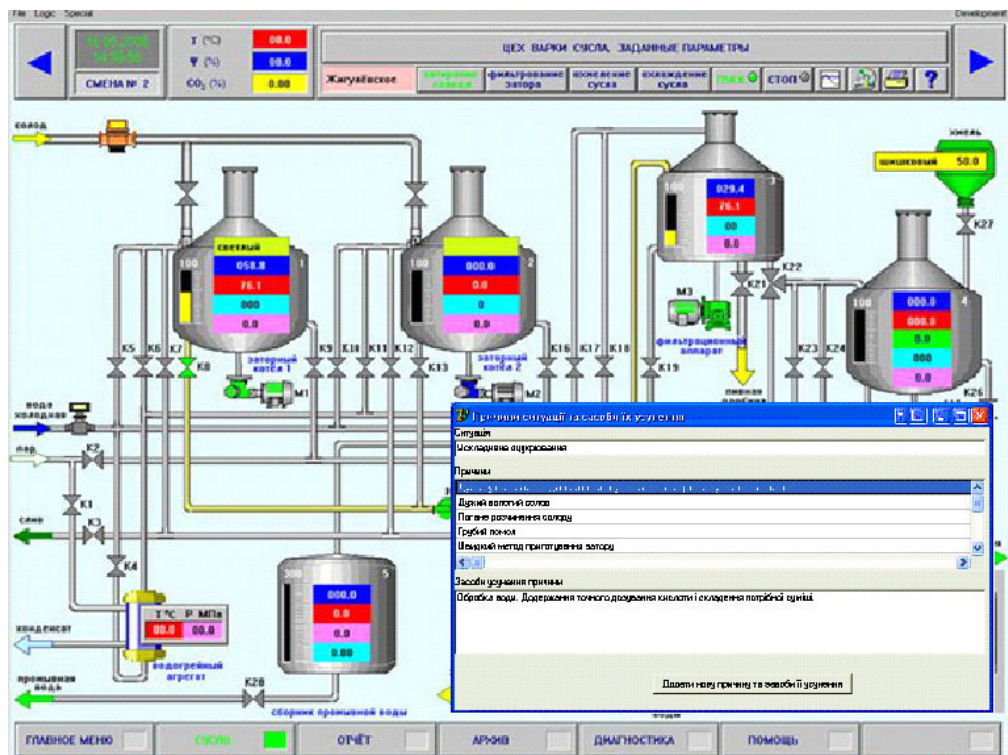


Рисунок 3.27. Інтерфейс підсистеми управління.

Аналізувалось функціонування системи управління з використанням локальних систем і сценаріїв керування. Результати імітаційного моделювання, які були підтверджені виробничим експериментом в умовах ТОВ „Бердичівський

пивоварний завод”, показали покращення якості продукції та збільшення продуктивності виробництва на 4,8%.

Для реалізації задач управління технологічним комплексом виробництва квасу запропоновано використовувати програмне забезпечення SCADA-системи, для забезпечення зв'язку з нижнім рівнем (датчики, виконавчі механізми) та інтелектуальну підсистему управління (рис. 16), яка є системою верхнього рівня і використовується як надбудова над мікропроцесорною системою управління технологічним комплексом виробництва квасу. Інтеграція інтелектуальної підсистеми відбувається міжпрограмні інтерфейси.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування [Текст]: Навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк, О.П. Лобок // Вінниця: Нова книга, 2007. – 160 с.
2. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
3. Ладанюк А.П. Методи сучасної теорії управління [Текст] / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук // К.: НУХТ, 2010. – 196с.
4. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості [Текст]: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра // К.: Аграрна освіта, 2001. – 224 с.
5. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: Навчальний посібник. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк // К.: Вид.-во "Ліра-К", 2011. – 552 с.
6. Виноградов В. А. Оборудование винодельческих заводов. – Симферополь: Таврида, т 1 2002 г.
7. Шольц Е. П., Пономарев В. Ф. Технология переработки винограда. – М.: Агропромиздат, 19.
8. Луцька Н.М. Сучасні технології проектування інтелектуальних систем керування [Електронний ресурс] конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані 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.
9. Ицкович Э.Л. Методы комплексной автоматизации производства предприятий технологических отраслей / Э.Л. Ицкович. – М.: КРАСАНД. 2013. – 232 с.

10. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління» денної та заочної форм навчання / Уклад.: О.М.Пупена, І.В.Ельперін, В.Г. Трегуб.[Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2019. – 37 с.

11. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи зі спеціальностей 8.05020201 «Автоматизоване управління технологічними процесами» 8.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» / Уклад.: А.П. Ладанюк, І.В. Ельперін, В.Д. Кишенько, В.М. Сідлецький. – К.: НУХТ, 2011. – 15 с.

12. 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.

13. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2006. –552 с.

14. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2009. – 944 с.

15. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.slideshare.net/pupenasan/kpi-oee>

16. 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.

17. 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.

18. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: [підручник] / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2016. – 136 с.

19. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.– 344 с.

20. Фёдоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие / Ю.Н. Фёдоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

21. A Practical Guide to SysML. The Systems Modeling Language. 2-d ed/ /Sanford Friedenthal, Alan Moore, Rick Steiner, Elsevier Inc. 2012.

22. 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

23. http://4ua.co.ua/manufacture/ya2ac79b5d53b88421306c27_0.html

24. <http://tekhnosfera.com/avtomatizirovannoe-upravlenie-protsessom-proizvodstva-hlebnogo-kvasa>

25. https://studbooks.net/2573194/tovarovedenie/opisanie_tehnologicheskogo_protsessa