

**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)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Андрій ФОРСЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

_____ Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024 р.

« ___ » _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми Інтелектуальні комп'ютерні системи керування _____
на тему: Розробка інтегрованої автоматизованої системи управління молочним
виробництвом з підсистемою управління відділенням приготування маргарину

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

Рибалка Владислав Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Кишенько Василь Дмитрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Рецензент Сергій ГРИБКОВ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Факультет автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Інтелектуальні комп'ютерні системи керування

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Ярослав СМІТЮХ

“19” грудня 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Рибалки Владислава Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка інтегрованої автоматизованої системи молочним виробництвом з підсистемою управління відділенням приготування маргарину

Керівник роботи Кишенько Василь Дмитрович проф., доктор технічних наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем роботи 12 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи характеристика об'єкта автоматизації, технологічний регламент, вимоги до системи автоматизації та інше

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

Вступ. 1. Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний огляд літератури та постановка задач дослідження. 1.1 Загальна характеристика роботи. 1.2 Особливості автоматизації процесу виробництва маргарину. 1.3. Постановка задачі роботи. 1.4 Висновок. Розділ 2. Загальносистемні рішення. 2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом). 2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються. 2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram). 2.4. Визначення функцій користувачів (Use Case diagram). 2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи. 2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК. 2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, Activity diagram). 2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації підсистем (Sequence diagram).

Розділ 3. Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК.

3.1 Розробка та моделювання ІСК. 3.2 Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних.

3.3 Розробка бази правил для нечіткої системи. Аналіз результатів роботи системи. 3.4 Побудова нечіткого регулятора. Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

1. Функціональна схема автоматизації. _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 19 грудня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ З№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Переддипломною практикою	
2	Розділ 1. – Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний огляд літератури та постановка задач дослідження.	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2. – Загальносистемні рішення.	2 тиждень	
4	Розділ 3. – Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК.	5 тиждень	
5	Розділ 4. – Інтелектуальна підсистема підтримки прийняття рішень.	8 тиждень	
6	Висновок	10 тиждень	
7	Список використаної літератури	11 тиждень	

Здобувач _____
(підпис)

Владислав РИБАЛКА
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Василь КИШЕНЬКО
(прізвище та ініціали)

Анотація

У даній роботі висвітлено проект, що зосереджений на створенні системи для автоматизації процесу виготовлення маргарину. Розроблено відповідну документацію для цієї автоматизованої системи, яка включає в себе опис технологічного об'єкту управління, схему автоматизації, конфігураційну схему, а також принципові схеми управління і сигналізації.

Створене програмне забезпечення призначене для використання в даному відділенні. Ефективність роботи програми була підтверджена під час тестування на фактичному контролері.

У рамках даного проекту були ретельно розглянуті можливі варіанти технологічних рішень для впровадження системи автоматизації. Проведено аналіз існуючої системи, а також системи, що була розроблена в рамках проекту.

Здійснено порівняльний аналіз динаміки перехідних процесів при зміні параметрів регулятора.

У процесі виконання завдання було проведено оцінку загального рівня автоматизації технологічного процесу.

Ключові слова: кваліфікаційна робота, система автоматизації, приготування маргарину, програмне забезпечення.

Annotation

This paper describes a project focused on creating a system for automating the margarine manufacturing process. Appropriate documentation has been developed for this automated system, which includes a description of the technological control object, an automation scheme, a configuration scheme, as well as basic control and signaling schemes.

The created software is intended for use in this department. The effectiveness of the program was confirmed during testing on an actual controller.

As part of this project, possible options for technological solutions for the implementation of the automation system were carefully considered. The analysis of the existing system, as well as the system that was developed within the framework of the project, was carried out.

A comparative analysis of the dynamics of transient processes when the controller parameters are changed was carried out.

During the execution of the task, an assessment of the general level of automation of the technological process was carried out.

Keywords: qualification work, automation system, margarine preparation, software.

Зміст

Вступ.....	4
Розділ 1 – Характеристика об’єкта дослідження, аналітичний огляд літератури та постановка задач дослідження	9
1.1 Загальна характеристика роботи	9
1.2 Особливості автоматизації процесу виробництва маргарину	14
1.3.Постановка задачі роботи.....	22
1.4 Висновок	22
Список використаної літератури	23
Розділ 2 – Загальносистемні рішення.....	25
2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом)..	25
2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються.....	34
2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram)	36
2.4. Визначення функцій користувачів (Use Case diagram)	40
2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи.	43
2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК	45
2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, Activity diagram)	45
2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації підсистем (Sequence diagram)	49
Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК	50
3.1. Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи	50
3.2. Розробка міжпрограмної взаємодії ІСК (Internal Block diagram)	52
3.3. Визначення параметрів ІСК (Parametric diagram)	55
3.4. Розробка та моделювання ІСК.....	57
3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних	59
3.4.2. Розробка бази правил для нечіткої системи. Аналіз результатів роботи системи.....	64
3.4.3. Побудова нечіткого регулятора	69
3.4.4. Створення інтелектуальної підсистеми на основі нейро – нечітких мереж	79
Розділ 4. - Інтелектуальна підсистема підтримки прийняття рішень	82
Висновок	96
Список використаної літератури	97

Вступ

В сучасних умовах розвитку ринкових відносин в Україні можна спостерігати тенденцію, за якої якість виступає однією з ключових складових управління виробництвом продукції та її наступним рухом. Особлива увага приділяється контролю за якістю на всіх рівнях підприємства, які впливають на якість випускаємої продукції.

Головною метою та перевагами результативного застосування інтелектуальних систем керування (ІСК) є гарантоване досягнення управлінських цілей. Враховується, що управління складним технологічним об'єктом (наприклад, технологічним процесом, агрегатом чи комплексом) відбувається в умовах невизначеності, за допомогою ієрархічної структури для прийняття рішень та формування керуючих дій.

Таким чином, якість управління оцінюється на вищих рівнях, при цьому нижчий рівень, який включає "об'єкт – регулятор", забезпечує результативне використання необхідних матеріальних та енергетичних ресурсів.

Створення інтелектуальних систем керування (ІСК) для традиційних завдань автоматичного регулювання технологічними об'єктами передбачає підвищену стійкість, здатність підтримувати необхідні рівні точності та надійності як у стандартних, так і в нештатних умовах експлуатації об'єктів за допомогою звичайних регуляторів. Отже, ІСК розробляється (проектуються) на основі наявної системи автоматичного регулювання, використовуючи принцип "неруйнування виконавчого рівня", що сприяє підвищенню техніко-економічних показників функціонування об'єкта. Ефективним методом розвитку інтелектуальності ІСК є спільне використання ПД- та нечітких регуляторів.

Маргарин, сучасний продукт харчування, визначений набагато більше, ніж просто альтернатива вершковому маслу. За останні десятиліття цей продукт пережив значний розвиток, виростаючи від простої заміни до невід'ємної складової нашого щоденного харчування.

Сучасні технології виробництва маргарину відкривають нові горизонти для кулінарії, але водночас виникають питання щодо його впливу на здоров'я та вирішення екологічних проблем.

Якість маргарину становить важливий аспект конкурентоспроможності та утримання позицій на ринку. Тому компанії приділяють особливу увагу забезпеченню високої якості продукту, встановлюючи контроль на всіх етапах виробничого процесу. Цей контроль розпочинається з оцінки якості використовуваних сировини та матеріалів і завершується перевіркою відповідності випущеного продукту технічним характеристикам та параметрам не лише під час його використання.

Таким чином, контроль якості продукції став неотдільною складовою виробничого процесу і спрямований не лише на виявлення дефектів або браку в готовому виробі, але й на перевірку якості в процесі його виготовлення та подальшої реалізації.

Робота розглядає історію розвитку маргарину, визначає його ключові компоненти та технологічні особливості виробництва. Також надається огляд досліджень щодо впливу маргарину на організм та допомагає визначити його роль у забезпеченні збалансованого харчування.

У світлі сучасних тенденцій здорового способу життя та росту інтересу до природних продуктів, дослідження маргарину вирішує актуальні питання сучасної науки та гастрономії. Аналіз впливу маргарину на здоров'я, його роль у вегетаріанському та веганському харчуванні, а також можливості вдосконалення технології виробництва — усе це робить тему дипломної роботи надзвичайно важливою та перспективною для подальших досліджень.

Дослідження маргарину в контексті його впливу на здоров'я стає особливо актуальним у зв'язку з розширенням асортименту харчових продуктів та постійним прагненням суспільства до збалансованого харчування.

Важливою складовою даного диплому є також аналіз екологічного впливу виробництва маргарину, що дозволяє розглянути його місце в рамках сталого розвитку та забезпечення екологічної безпеки.

Праця в цьому напрямку має на меті не лише розкриття наукових та технічних аспектів виробництва маргарину, а й надання засадничого розуміння його місця в щоденному раціоні, сприяючи тим самим формуванню здорового способу життя та збалансованої дієти. Здійснення цього дослідження відкриватиме нові перспективи для науково-практичного використання маргарину як продукту, що поєднує в собі смак та користь для здоров'я, що важливо в умовах сучасного ритму життя.

Маргарин представляє собою продукт, створений на основі рослинних олій, води, емульгаторів та ароматизаторів. Він широко використовується як складова для приготування різноманітних страв. Фізико-хімічна система маргарину включає в себе воду (дисперсну фазу), розподілену у маслі (дисперсійне середовище) у вигляді мікроскопічних частинок, утворюючи емульсію типу "вода в маслі".

М'які маргарини легко намащуються на хліб, мають однорідну консистенцію, за смаковими властивостями і органолептичними показниками вони наближаються до вершкового масла.

Сучасний маргарин може вироблятися із різних видів рослинних жирів, як рафінованих, так і додатково гідратованих, можливе також введення тваринних жирів.

Останній час на упаковці можна зустріти слова „маргарин” або „спред”. Продавці заявляють, що це одне і теж. Виробництво цих продуктів дуже схоже, але регламентується різними нормативними документами.

В спредах обмежено застосування гідрогенізованих жирів і нормативно контролюється вміст транс-ізомерів жирних кислот, а в маргарині ці параметри майже не мають законодавчих обмежень.

Маргарин широко використовується як заміник вершкового масла в кондитерській і хлібопекарській промисловості, в кулінарії, домашній випічці, а також безпосередньо в їжу.

У рекламі часто використовується термін "масло" для маргарину, наприклад, "легке масло". Однак у більшості країн законодавчо заборонено використовувати термін "масло" на упаковках маргарину. Історія виникнення маргарину має достатньо довгий та у деяких місцях складний характер. Назва з'явилася в 1813 році, коли Мішель Ежен Шеврель відкрив "маргаринову кислоту" (від грецького "Μαργαρίτης" - "перлина", що вказує на перлинні відкладення жирних кислот).

Існувала думка, що "маргаринова кислота" складається з трьох жирних кислот, які утворюють більшість тваринних жирів: олеїнової, стеаринової (октадеканової) та іншої. Проте в 1853 році німецький хімік Вільгельм Гайнц встановив, що "маргаринова кислота" насправді є сумішшю стеаринової (октадеканової) кислоти та раніше невідомої пальмітинової (гексадеканової) кислоти (яку сьогодні також називають маргариновою кислотою, або C17 гептадекановою кислотою).

У 1860-х роках французький імператор Наполеон III висловив намір винагородити того, хто розробить ефективну альтернативу вершковому маслу, призначену для споживання як збройними силами, так і нижніми соціальними класами населення.

Хімік з Франції, Іполит Меже-Мурьє, висунув ідею емульгації низькотемпературної частини яловичого жиру з молоком у присутності ферменту сичуга коров'ячого шлунку. Він вирішив назвати отриманий продукт «олеомаргарин» (пізніше скорочено до «маргарин»).

Щоб замінити або полегшити доступ до вершкового масла, Меже-Мурьє вперше застосував процес гідрогенізації рослинних масел. Цей процес дозволяє перетворювати ненасичені жири в насичені, що призводить до твердого продукту при кімнатній температурі.

Іполіт Меже-Мурьє вніс значний вклад у світову кулінарію, створивши продукт, який дотепер є важливою складовою багатьох страв та випічки у всьому світі.

Термін "маргарин" зараз використовується загальною назвою для опису будь-якого продукту, який включає в себе різноманітні їстівні олії. Термін "олеомаргарин" іноді коротко позначається як "олео".

Отримання олеомаргарину включало каталітичну гідрогенізацію очищеного рослинного масла, видалення незатверділої рідкої фази під тиском та наступне охолодження для застигання продукту. Додавання трібутіріна і води дозволяло отримати економічний і досить смачний аналог масла.

Продаж маргарину під однією з його численних торгових марок швидко перетворився на значущий бізнес, хоча це сталося з певним затримкою, особливо з урахуванням початкового розширення виробництва з Франції до США в 1873 році. Комерційний успіх цього підприємства був невеликим.

3 січня 1871 року М. Бредлі запатентував маргарин.

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

1.1. Загальна характеристика роботи

Актуальність роботи.

Молочна промисловість, яка є однією з ключових галузей харчового виробництва, відповідає на попит харчової промисловості на молочні продукти, використовуючи передові технології та сучасне обладнання. Основний акцент робиться на покращенні якості продукції, раціональному використанні ресурсів і сировини, а також на підвищенні продуктивності технологічних ліній.

Вирішення таких завдань неможливе без використання автоматизації виробництва, базованої на сучасних інформаційних технологіях та передових досягненнях в теорії та практиці автоматизованого управління. Технологічні процеси у галузі молочного виробництва є складним технологічним комплексом, характеризованим високим рівнем невизначеності, значною розмірністю, латентністю показників якості сировини та напівфабрикатів, багатоцільовою поведінкою, де пріоритетність цілей залежить від конкретних обставин та умов на об'єкті управління.

Існуючі автоматизовані системи для технологічних процесів у сфері молочного виробництва не забезпечують ефективною та оперативною реакцією на швидкозмінні ситуаційні зміни в поведінці об'єктів управління. Ця поведінка залежить від різних факторів, які мають технологічний та організаційний характер. Удосконалення ситуації може бути досягнуте через впровадження сценаріїв управління в молочному виробництві, що базуються на когнітивно-сценарних моделях технологічних процесів, а також використання алгоритмів управління з використанням інтелектуальних механізмів.

Сучасна проблематика в галузі молочного виробництва наростає, вимагаючи системного та комплексного підходу для вирішення ряду ключових завдань. Дослідження в цій області має величезне значення, оскільки сталі виклики та зміни в споживчих уподобаннях вимагають пошуку ефективних та інноваційних рішень.

1. Забезпечення якості та безпеки продукції. З ростом свідомості споживачів щодо якості та безпеки харчових продуктів, дослідження, спрямовані на підвищення стандартів виробництва, контролю якості та впровадження нових технологій, стають надзвичайно важливими для забезпечення довіри споживачів до молочної продукції.

2. Інноваційні технології виробництва. Високий рівень конкуренції та швидкі темпи технологічного розвитку вимагають вивчення та впровадження новітніх технологій у виробництві молочної продукції. Дослідження в цьому напрямку може сприяти оптимізації виробничих процесів, зниженню витрат та підвищенню конкурентоспроможності.

3. Сталі виклики щодо сталості виробництва. Збільшення свідомості громадськості щодо проблем сталості та екологічної відповідальності виробництва ставить під сумнів традиційні підходи. Дослідження у галузі молочного виробництва повинно розглядати методи та стратегії, спрямовані на забезпечення сталого розвитку галузі.

4. Адаптація до змін клімату та ринкових умов. Зміни в кліматичних умовах та коливання на ринку сировини впливають на виробництво молочної продукції. Дослідження в цій галузі може допомогти виробникам адаптуватися до змін, вдосконалюючи стратегії управління та виробничі практики.

5. Розвиток нових видів продукції. Під впливом зростання попиту на функціональні та інноваційні продукти, дослідження молочного виробництва може сприяти розробці нових видів продукції, які відповідають потребам споживачів.

Всі ці аспекти роблять дослідження в галузі молочного виробництва надзвичайно актуальним та значущим для подальшого розвитку галузі та забезпечення якості та безпеки продукції для споживачів.

Загальна актуальність досліджень у галузі молочного виробництва полягає в необхідності вирішення складних проблем, що стосуються якості продукції, сталості виробництва, добробуту тварин, етики та глобальних економічних викликів.

Отже, розробка системи управління технологічними процесами у молочному виробництві на основі сценарійного підходу та інтелектуальних технологій стала актуальним завданням. Це сприятиме підвищенню продуктивності, зменшенню втрат та ефективному використанню ресурсів та сировини, а також покращенню якості продукції.

Мета і задачі дослідження. Головною метою цього дослідження є покращення техніко-економічних характеристик у молочному виробництві за допомогою розробки автоматизованої системи багатоцільового управління, яка базується на використанні інтелектуальних механізмів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- урахувуючи різноманіття технологічних параметрів на різних етапах виробництва маргарину та необхідність оперативного та комплексного аналізу стану об'єкта управління, планується провести оцінку інформативності показників з позицій кваліметрії і розробити моделі якості для сировини, напівфабрикатів та готової продукції;
- з метою впровадження ефективного телеомного управління заплановано виділити зони, які мають ситуаційне значення, вздовж всієї технологічної лінії виробництва маргарину, та провести ідентифікацію математичних моделей для цих зон;

- використовуючи сценарно-когнітивні моделі, планується провести комп'ютерне моделювання технологічних процесів у виробництві маргарину. Мета - дослідження причинно-наслідкових зв'язків між параметрами та виявлення тенденцій у розвитку ситуацій в об'єкті управління;
- вирішити завдання багатокритеріальної оптимізації технологічних процесів у виробництві маргарину планується при урахуванні невизначеності та конфліктності, а також у ситуаціях змінювання пріоритетності критеріїв;
- розробка сценаріїв управління технологічним комплексом молочного заводу передбачає створення ефективних стратегій на базі інтелектуального аналізу ситуацій та вирішення конфліктів у критеріальних та ресурсних аспектах;
- розробити функціональну структуру системи багатоцільового управління технологічними процесами у молочному виробництві, використовуючи сценарний підхід та інтелектуальні механізми.

Об'єктом дослідження існують технологічні процеси виробництва маргарину, які реалізовані за допомогою сучасного технічного обладнання.

Предметом дослідження існують теоретичні, методичні та практичні аспекти проблеми оптимального управління технологічними процесами на молочних заводах.

Методи дослідження. Методи, які використовуються для вирішення поставлених задач, ґрунтуються на принципах сучасної теорії автоматичного управління, ідентифікації об'єктів управління, основах сценарного підходу, багатокритеріальної оптимізації, теорії конфлікту, інженерії знань і імітаційного моделювання. Правильність основних теоретичних положень і результатів досліджень була підтверджена за допомогою математичного моделювання та експериментальних даних.

Наукова новизна. При вирішенні поставлених задач одержані нові наукові результати:

- здійснено ідентифікацію математичних моделей технологічних процесів у сфері молочного виробництва, які відтворюють різноманітні варіанти стану об'єкта управління у формі модульних фрагментів сценаріїв управління.
- створено структуру системи та алгоритми керування технологічними процесами виробництва маргарину, використовуючи бази знань.

Виділення основних задач і цілей в даній магістерській роботі

В даній магістерській роботі вирішуються наступні задачі:

- 1) розробка КІСУ молочним виробництвом з підсистемою управління вакуум-апаратами;
- 2) збільшення продуктивності і оптимізації завантаження обладнання;
- 3) підвищення якості продукції за рахунок точного дотримання технологічних процесів;
- 4) створення системи моніторингу та супервізорного управління технологічним процесом;
- 5) створення ефективної підсистеми операторського контролю та диспетчеризації на виробництві;
- 6) створення трьох рівневої промислової мережі, яка забезпечує зв'язок між засобами польового рівня, ПЛК (програмованими логічними контролерами відділень виробництва маргарину) та робочими місцями операторів відділень
- 7) ведення архіву, що відображає технологічні дані про стан виробництва.
- 8) використання механотронних засобів в розробці системи пакування маргарину в мішки;
- 9) застосування високоточних датчиків ваги при дозації на пакуванні;

1.2. Особливості автоматизації процесу виробництва маргарину

Виробництво брускових і м'яких маргаринів виконується за допомогою безперервного або періодичного методу, який включає в себе низку ключових етапів:

1. Підготовка сировини:

- ✓ Основними сировинами є рослинні олії (наприклад, соєве, соняшникове, пальмове), які містять тригліцериди – основні компоненти масел.
- ✓ Додаткові інгредієнти, такі як емульгатори, стабілізатори, антиоксиданти та ароматизатори, підготовлюються для використання.

2. Трансформація масел:

- ✓ Масла піддаються гідрогенізації для отримання бажаної консистенції та твердості продукту. Гідрогенізація дозволяє змінювати ступінь насиченості жирів.
- ✓ Здійснюється розщеплення тригліцеридів на гліцерин та жирні кислоти.

3. Створення емульсії:

- ✓ Отримані жирні кислоти та гліцерин змішуються з водою та емульгаторами для створення стабільної емульсії.
- ✓ Емульсія є ключовою утвореною структурою для маргарину.

4. Охолодження та кристалізація:

- ✓ Емульсія охолоджується, щоб сприяти кристалізації та формуванню структури продукту.
- ✓ Здійснюється контроль температури та швидкості охолодження для досягнення відповідної текстури.

5. Додавання додаткових компонентів

- ✓ До отриманої маси додаються стабілізатори, антиоксиданти та інші додаткові інгредієнти для покращення якості та тривалості продукту.

6. Формування та пакування

- ✓ Отримана маса направляється в форми для надання продукту визначеної форми.
- ✓ Маргарин упаковується відповідно до виробничих стандартів.

Важливо враховувати, що технологічний процес виробництва маргарину може підлягати змінам в залежності від виробничих та регуляторних вимог, а також від конкретного типу маргарину, який виробляється (брусковий або м'який).

Цей процес може варіюватися в залежності від конкретних технологічних характеристик виробництва та типу маргарину, що виробляється.

Виробництво м'яких маргаринів проводиться на обладнанні виробництва відомих компаній "Schröder", „Alfa Laval”, „Camtack” та „Tetra Otich”. Процес виробництва м'яких маргаринів на лінії фірми „Schröder” продуктивністю до 120 т/добу здійснюється безперервним способом.

Готування рослинних масел та вершкового масла включає процеси очищення і дезодорації. Очищені та дезодоровані жири та масла розділяють у баках для зберігання, класифікуючи їх за видами, і зберігають не більше 24 годин. Тверді жири і масла зберігають при температурі, яка вища за їхню температуру плавлення на 5-10 °С. Для запобігання окисленню рекомендується зберігати рафіновані та дезодоровані масла та жири в атмосфері інертного газу, такого як азот або діоксид вуглецю.

Вивантаження вершкового масла відбувається після звільнення від тари, під час подальшого процесу у камері з плавильним конусом. Температура розплавленого вершкового масла утримується в межах 40-45 °С.

Стабільність однорідності текстури розплавленого масла забезпечується за допомогою мішалки або насоса шляхом повторної циркуляції.

Для досягнення однорідного розподілу та підвищення ефективності емульгаторів, моногліцериди розчиняють у рафінованому дезодорованому рослинному маслі в пропорції 1:10 за температури 80-85 °С. До цього розчину, за умов температури 55-60 °С, додають м'які моногліцериди, а за необхідності вводять фосфатидний концентрат, який передбачений рецептами. Комплексний емульгатор, що використовується вмість композиції моногліцеридів, розчиняють у рафінованому дезодорованому олії в пропорції 1:15 при температурі 65-75 °С.

Якщо використовується емульгатор імпорного походження, його розчиняють у рафінованому дезодорованому олії у співвідношенні 1:10 за температури 48-55 °С.

Для надання м'якому маргарину коліру використовують масляні розчини природного бета-каротину, який виділяється з моркви, гарбуза, пальмової олії, а також мікробіологічного бета-каротину, барвників куркуми і насіння аннато. Барвники додають безпосередньо в жирову або водно-молочну фазу маргарину.

Молоко коров'яче ціле піддають пастеризації, після чого охолоджують до температури 23-25 °С.

Ферментацію молока виконують за допомогою природних мікроорганізмів або шляхом кислотної коагуляції. При використанні сухого молока його розведено водою так, щоб у готовому розчині містилося не менше 8,5% знежирених сухих речовин.

При використанні вторинних молочних продуктів їх розчиняють у воді при перемішуванні, дотримуючись співвідношення 1:3 для сухої молочної сироватки та 1:6 для інших продуктів.

Для концентратів сироваткових білків (КСБ) розчини піддають нагріванню до температури 85-90 °С та 60-65 °С відповідно, утримують протягом 30 хвилин, після чого охолоджують і подають до витратних ємностей для виробництва.

Під час отримання лимонної кислоти та водорозчинних ароматизаторів використовують 1-10%-ний водний розчин лимонної кислоти, в який одночасно вводять водорозчинні ароматизатори.

Для підготовки солі, цукру, консервантів і крохмалю використовують сіль у вигляді насиченого розчину з концентрацією 24-26%.

У виробництві десертних м'яких маргаринів використовують цукор або підсолоджувачі у формі водного розчину з концентрацією 30%.

Перед зберіганням низькожирних м'яких маргаринів у літній період і при підвищених температурах використовують консерванти, такі як бензоїнова кислота, сорбінова кислота і бензоат натрію. Консерванти розчиняють у воді у співвідношенні 1:2 при введенні молока.

Поочередно розчиняють крохмаль у воді при температурі кімнати у пропорції 1:2, після чого заливають кип'яченою водою у пропорції 1:20, настоюють протягом 30 хвилин, охолоджують і переносять у збірний контейнер.

Готування емульсії включає суміш компонентів маргарину відповідно до рецепту у вертикальному циліндричному змішувачі, в якому проводиться переднє емульгування. Усередині змішувача розташована гвинтова мішалка, що обертається із частотою 59,5 оборотів на хвилину. До корпусу змішувача прикріплені відбійники, які перешкоджають суміші закручуватися під час обертання. Змішувач оснащений водяною сорочкою.

Продукт вводиться через вхідний штуцер та виходить через відводний патрубок. Груба емульсія з змішувача подається в емульгатор відцентрового типу, де робочим органом є два рухомі та два нерухомі диски. Між цими дисками проходить емульсія.

Диски обертаються із швидкістю 1450 обертів за хвилину, забезпечуючи ефективне розсіювання емульсії до формування частинок діаметром від 6 до 15 мікрометрів.

Після проходження через емульгатор, маргаринова емульсія, яку надає насос високого тиску у зрівняльному баці, подається в Переохладитель.

Останній є ключовим пристроєм для виробництва маргарину, забезпечуючи емульгацію, охолодження і механічну обробку емульсії. Структура Переохладителя включає кілька ідентичних циліндрів - теплообмінників, які працюють послідовно.

Блок циліндрів трисекційного Переохладителя розташований у верхній частині пристрою, при цьому кожен циліндр представляє собою теплообмінник "труба в трубі" із теплоізоляцією. Перша внутрішня труба виступає у ролі робочої камери, в якій розміщено порожнистий вал, що отримує гарячу воду для запобігання злипанню маргаинової емульсії. На цьому валу закріплені дванадцять ножів, який обертається зі швидкістю 500 обертів за хвилину. Простір між другою і першою трубою виконує роль випарної камери для охолоджуючого агента - аміаку, який подається через систему трубопроводів.

При охолодженні маргаинова емульсія переходить у кристалічний стан на внутрішній поверхні труби та видаляється за допомогою ножів. Температура емульсії при виході з третього циліндра становить 12-13 °С.

Після цього емульсія подається в кристалізатор, де надається необхідна кристалічна структура, що забезпечує необхідну твердість, однорідність і пластичність для подальшого фасування маргарину. Основними елементами кристалізатора є фільтр-гомогенізатор та три секції - конічна та дві циліндричні, де маргарин повільно переміщується до конічної насадки, а потім до фасувального автомата. У компенсуючому пристрої реалізується розривна подача маргарину для фасування.

Під час даного процесу температура збільшується до 16-20 °С завдяки теплоті кристалізації.

У процесі охолодження маргаинової емульсії відбувається складний процес кристалізації та рекристалізації тригліцеридів, які складають жирову основу маргаринів. Цей процес визначає ключові якісні характеристики готового продукту, такі як консистенція, пластичність та температура плавлення.

При значних температурах вміст твердої фази у жирових основах м'яких маргаринів невеликий, і вони представляють собою суспензію твердих тригліцеридів у рідких. Зі зниженням температури менш розчинні тригліцериди з високою температурою плавлення починають відділятися від розплавленого стану у вигляді кристалів, і вміст твердої фази зростає.

Під час охолодження маргаринової емульсії відбувається складний процес кристалізації, який ґрунтується на явищах поліморфізму, пов'язаних із переходом менш стійких (метастабільних) кристалічних форм а-типу з низькою температурою плавлення через проміжні ромбічні Р-форми до стійких (стабільних) високоплавких кристалічних модифікацій. У м'яких маргаринах кристали жиру зазвичай присутні у Р-формі. Перехід до Р-форми має негативний вплив на структурно-реологічні властивості м'яких маргаринів через утворення великих кристалів з більш щільною упаковкою молекул, які мають високу температуру плавлення та щільність.

Для досягнення єдиної пластичної структури у м'яких маргаринах після глибокого охолодження емульсію піддають інтенсивному перемішуванню та тривалій механічній обробці. Процес кристалізації маргаринової емульсії, спільно з механічною обробкою, сприяє утворенню дрібнодисперсних кристалів твердої фази, які вбудовуються у рідку фазу, утворюючи структури коагуляції.

У цьому процесі тверді і рідкі фракції жирової основи м'яких маргаринів рівномірно розподіляються, забезпечуючи готовому продукту збереження текучості при розливі в полімерні коробочки.

В результаті маргарин набуває пластичної консистенції, яка довго зберігається при температурах 5-7 °С. Порушення умов кристалізації та охолодження можуть спричинити дефекти в маргаринах, які не можна усунути за допомогою механічної обробки.

Отриманий маргарин надходить до розливально-пакувального агрегата, що має балансову ємність. Тут проводиться дозування (150-500 г) і упаковка маргарину в стаканчики із полімерних матеріалів, таких як полістирол чи поліпропілен. Після чого їх запаюють металізованими кришечками.

Для виготовлення маргаринів з низьким вмістом жирів необхідно застосовувати більш ефективне емульгування, яке досягається шляхом повторного використання емульсії. При цьому важливо уникати потрапляння повітря в емульсію.

При виробництві молочних маргаринів з низьким вмістом жирів важливо звернути увагу на інтенсивність перемішування. Надто інтенсивне емульгування може призвести до реверсії фази та руйнування емульсії. Крім того, велике значення має правильний вибір складу жирової і водно-молочної фаз, кількості і типу емульгатора, а також строге дотримання технологічного режиму.

Технологія виробництва до етапу фасування включає стадію декристалізації, необхідну для того, щоб низькожирний продукт при розливі на етапі фасування мав напіврідку пастоподібну консистенцію. Для досягнення цього використовують декристалізатори, які руйнують кристалічну структуру продукту з метою формування мелкокристалічної структури і надання блискучості поверхні продукту.

Один з загальноприйнятих методів виробництва низькожирних маргаринів за кордоном полягає в такому процесі: частину жиру емульгують з залишковою водною фазою, тоді як іншу частину піддають перекристалізації під час механічної обробки, після чого охолоджують і змішують з емульсією, а потім упаковують маргарин.

Співвідношення емульгованого та неемульгованого жиру становить 65:35 або 35:65. Емульсія містить в собі 50-65% жиру. При температурі 17-23 °C емульсію з рН 4,4 змішують з жиром, при цьому попередньо 5-20% неемульгованого жиру кристалізується. Для цього останній охолоджують до 7-18 °C на Переохладітелі. Продукт гомогенізують перед упаковкою.

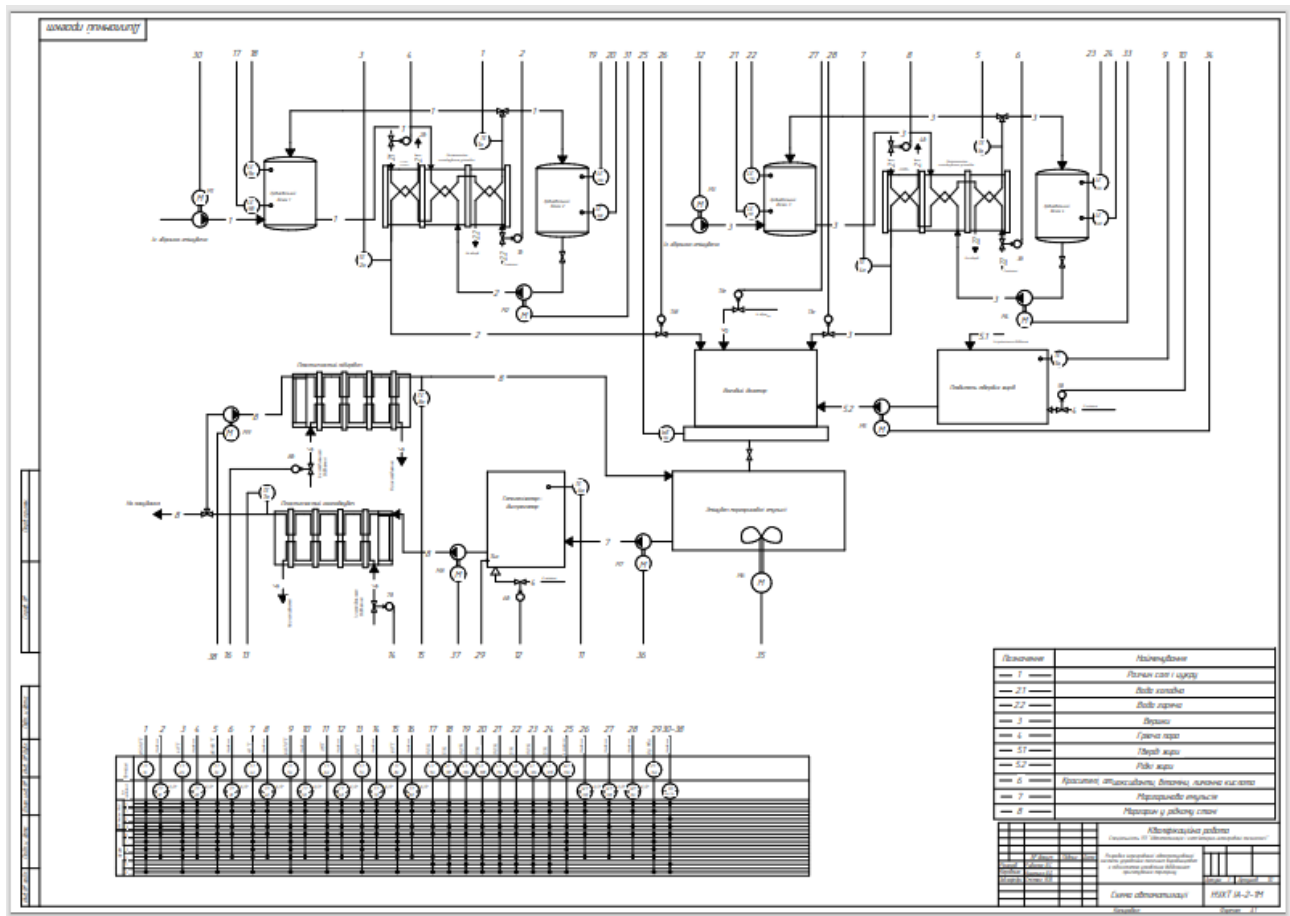


Рисунок 1.2.1. Схема автоматизації управління молочним виробництвом з підсистемою управління відділенням приготування маргарину.

1.3. Постановка задачі роботи.

Мета даного дипломного проекту полягає у підвищенні ефективності технологічного процесу виготовлення маргарину шляхом удосконалення систем автоматизації. Це досягається за допомогою впровадження алгоритмів діагностики та прогнозування, а також реалізації підсистеми технологічного моніторингу, сприяючи позитивному впливу на подальшу ефективність та якість виробленої продукції.

1.4 Висновок

У роботі розроблена технічна документація для автоматизації виробництва маргарину. Основною метою впровадження системи автоматизації є досягнення економічної ефективності та отримання додаткового прибутку від реалізації проекту. В результаті впровадження автоматизованої системи покращиться якість продукції, зросте обсяг виробництва, зменшаться витрати на паливо, електроенергію, а також на обслуговування та ремонт виробничої лінії.

Система автоматизації була розроблена, використовуючи сучасні програмовані логічні контролери, зокрема програмований контролер Modicon M340. Цей контролер має численні переваги порівняно з локальними системами та забезпечує оптимальне керівництво процесом виробництва маргарину.

Завдяки автоматизованим системам регулювання температури і рівня, а також моніторингу основних технологічних параметрів виробництва, програмований логічний контролер забезпечує високу якість продукту та компенсує будь-які збурення, які можуть негативно впливати на процес виробництва.

Технічні рішення, що були впроваджені, розглянуті в пояснювальній записці та проілюстровані у графічній частині. При розробці цього дипломного проекту було враховано всі сучасні вимоги до систем автоматизації в максимально можливому обсязі.

Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник. Для студ. ВНЗ / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. – К.: Видавництво Ліра-К, 2015. – 378 с.
2. Азнаур'ян М.П., Калашева Н.А. Сучасні технології очищення жирів, виробництва маргарину та майонезу. -М: Сампо-Принт 2007. -493с
3. Бадер А.Р. Розробка вимог до маргаринової продукції різного призначення. Матеріали міжнародної конференції «Олійний комплекс України», червень 2008р. -М: МПА, 2008р., с. 95-97
4. В.М. Тютюнникова, Г.Л. Юхновський, А.Л. Маркан. Технологія переробки жирів. М.: Харчовийпромвидав, 1950 р.
5. ДСТУ 4330:2004 «Маргарини м'які. Загальні технічні умови». [Чинний від 17.08.2004]. Київ, 2005. С. 40. (Національний Стандарт України).
6. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. посібник / Г. І. Подпрятков, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. — К.: Мета, 2002. — 495 с.
7. Інформаційні технології систем керування технологічними процесами: Навч. посіб. / Благовіщенська М.М., Злобін Л.А. –М.: Вища школа, 2005.- 768с.
8. Козлов, Г.Ф. Системний аналіз технологічних процесів на підприємствах харчової промисловості [Текст]/ Г.Ф. Козлов, Н.В. Остапчук, В.В. Щербатенко; Техніка. – К.: Техніка, 1977. – 199 с.
9. Кравців Р.Й., Паска М.З., Ощипок І.М. Технологія жирів і жирозамінників: навч. посіб. для студ. ф-ту харчових технологій за спеціальністю 7.091705" Технологія жирів і жирозамінників". Львів, 2006. 92 с
10. Кишенько В.Д. Задачі технологічного моніторингу в системах керування виробничими процесами технологічних комплексів // Автоматизація виробничих процесів, 2006.- №2(23) - С 48-52.

11. Ладанюк, А. П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: підручник / А. П. Ладанюк, Трегуб В.Г., Ельперін І.В. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 224 с.
12. Ладанюк А.П., Кишенько В.Д. Математичне моделювання нестационарних режимів технологічних комплексів// Харчова промисловість. - 2004. - № 3. - С. 160-162.
13. Маргарини, жири кондитерські, хлібопекарські, кулінарні та для молочної промисловості, саломаси: Збірник рецептур. Харків: Український науково-дослідний інститут олій та жирів, 2003. 50 с
14. Обладнення та автоматизація переробних виробництв: Навч. посіб. / А.А. Курочкін, Г.В. Шабурова, А.С. Гордєєв, А.И. Завражнов. – М.: Колос, 2007. - 591 с.
15. Преображенський, В.Г. Технологічні вимірювання та прилади / В.Г. Преображенський. — 3-е вид., перероб. — М.: "Енергія", 1978. — 704 с.
16. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник. /В.Г. Трегуб – К.: НУХТ, 2006. - 175 с.
17. Тимченко В.К. Технологія м'яких маргаринів: Навчальний посібник-Харків: НТУ "ХПІ", 2002.-128 с.
18. Технологічний моніторинг під час сценарного управління виробничими процесами / Зігунов О. М., Кишенько В. Д. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Нові рішення у сучасних технологіях». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. - № 44(950). - С. 25 – 36.

Розділ 2 – Загальносистемні рішення

2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом)

Схема автоматизації

Технологія твердих маргаринів передбачає здійснення наступних процесів:

- дозування компонентів;
- об'єднання з процесом виробництва грубої емульсії;
- охолодження в поєднанні з механічною обробкою, що проводиться в межах температур, що наближаються до точки заливки жирової основи маргарину;
- утворення маргарину шляхом структурування в кристалізаторах;
- фасування у споживчі та транспортні засоби.

Технологія м'яких (об'ємних) маргаринів заснована на наступних процесах:

- формування емульсії (для нежирних маргаринів передбачається подвійний етап емульгації);
- термічна обробка емульсії;
- охолодження емульсії з одночасною обробкою;
- застосування пластифікації шляхом декристалізації;
- формування кристалів у переохолодженій емульсії;
- фасування у споживчі та транспортні контейнери.

На початковому етапі технологічного процесу виготовлення маргарину використовують автоматичні ваги, які мають вбудовані резервуари для точного дозування, а також безклапанні дозуючі насоси.

Послідовний комплекс обладнання складається з вертикальних циліндричних змішувачів спеціальної конструкції. Температура емульсії утримується за рахунок парово-водяної суміші, яка подається в «сорочку».

Основний комплекс устаткування лінійки включає систему для охолодження, яка має ряд ідентичних циліндричних теплообмінників, що працюють послідовно, а також кристалізаторів, в які входять фільтр-гомогенізатори та кілька циліндричних секцій, з'єднаних послідовно на фланцях.

Завершальний агрегат лінійки включає в себе упаковувальне обладнання для відкривання коробок, розкладання в них пачок маргарину та обгортання коробок і виробів, що автоматизовано з'єднані між собою конвеєрами.

На рисунку 2.1.1. показано технологічну схему виробничої лінії маргарину.

Під час виробництва маргарину рафіновані жири розміщуються в резервуарі 14, який стоїть на вагах для точного дозування. Емульгатор із бака 9 також дозується використовуючи насос 10, а масло-розчинні добавки, такі як барвники та ароматизатори, перекачуються насосом 12 з бака 11. Молоко подається насосом 5 з бака 6, вода з резервуара 3 - насосом 4, сольовий розчин подається насосом 2 з бака 1. Водорозчинні добавки, такі як цукор тощо, перекачуються насосом 8 з ємності 7 в ємність 15, розташовану на вагах для точного дозування.

Компоненти, підвішені насосами 13 і 16, направляються в перші два змішувачі 11. Отримана суміш циркулює за допомогою насоса-емульгатора 18 протягом 15 хвилин. Температура в змішувачах регулюється в залежності від фізичних властивостей жирів. Насос-емульгатор 18 є плунжерним насосом високого тиску зі спеціальним гомогенізуючим клапаном.

Діафрагма з невеликим отвором відповідає за натискання рецептурної суміші, яка поступає в міксер 17.

Під час обробки в насосі-емульгаторі 18 відбувається розподіл жирових глобул, що призводить до перетворення грубої емульсії в тонку

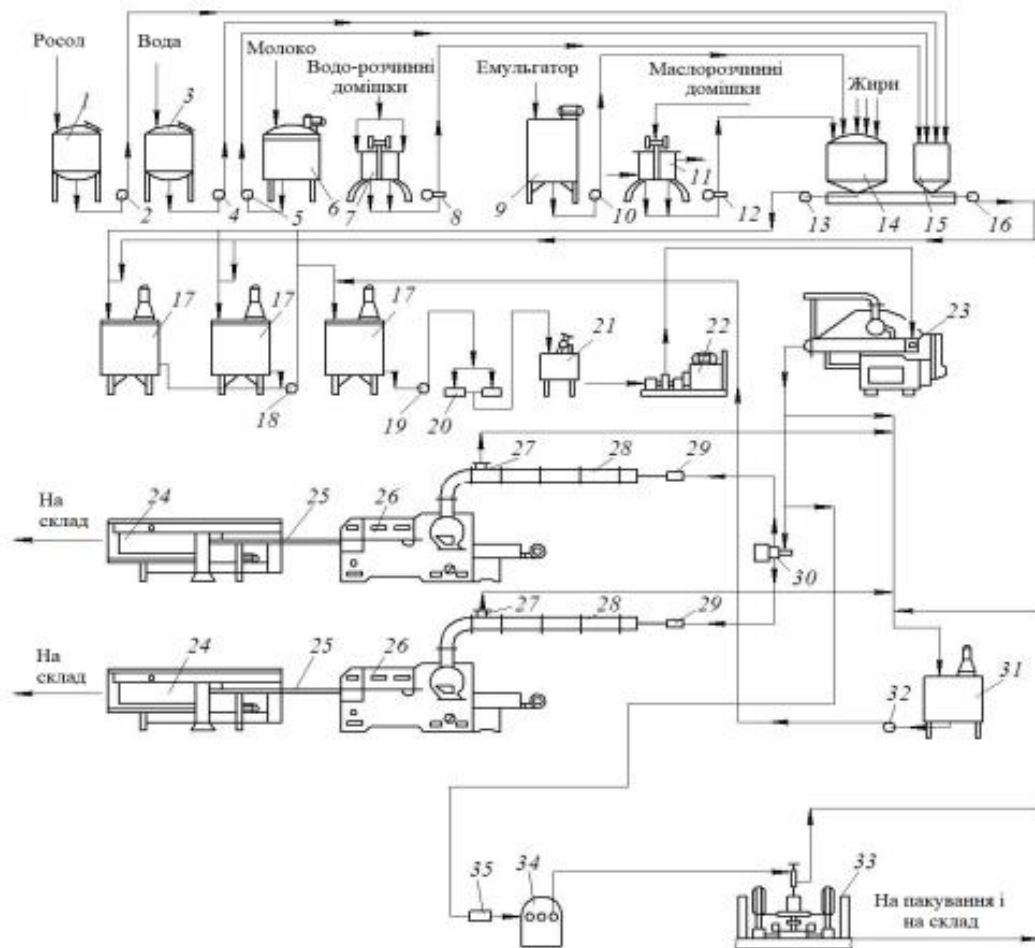


Рисунок 2.1.1. – Технологічна схему виробничої лінії маргарину

Отримана тонка емульсія, завдяки емульгаторному насосу 18, подається до третього змішувача 17. Потім насос 19 перекачує її через подвійний фільтр 20 в бак вирівнювання 21. За допомогою насоса високого тиску 22 емульсія передається на чотирициліндровий холодоагент 23. У початковому етапі роботи лінії, коли стабільний режим ще не налаштований, емульсія маргарину з переохолодження 23 направляєтся в зворотний бак 31.

Холодоагент (вотатор) 23 є ключовим пристроєм для виготовлення маргаринових виробів і призначений для формування пластичної консистенції продукту за допомогою тонкої емульгації, охолодження та механічної обробки маргаринової емульсії. Циліндри холодоагенту виготовлені з нержавіючої сталі і обладнані "сорочками" для холодоагенту (рідкого аміаку). У середині кожного циліндра розташований обертовий барабан (зі швидкістю обертання 500 об/хв), на поверхню якого встановлені ножі-скребки. При обертанні барабана вони знімають та перемішують шар емульсії, що утворюється в проміжку між стінками циліндра і барабаном.

Під час експлуатації холодоагента 23 тиск емульсії коливається від 1,5 до 3,5 МПа. Температура емульсії при вході до холодоагента становить 38-40 °С, а при виході – від 10 до 13 °С, що залежить від складу жирового складу та параметрів режиму охолодження. Потоки емульсії, що виходять з холодоагента, розподіляються відповідно до методу упаковки та продуктивності пакувального обладнання.

При варіанті дрібно-роздрібної упаковки виробів, охолоджена емульсія надходить до кристалізаторів 28 через розподільчі пристрої 30 і фільтр-структуратори 29. У кристалізаторах 28 емульсія перетворюється в щільну пластичну масу маргарину, яку постачають в машину 26 для упаковки маргаринових брикетів в пачки з пергаменту.

Далі, ці пакети переміщуються по конвеєрах 25 до машин 24 для укладання в коробки. Зайвий продукт видаляється через компенсаційний пристрій 27 в зворотний бак 31. Звідти розплавлена емульсія перекачується насосом 32 в третій змішувач 17. У виробництві маргарину в блоках, упакованих в коробки, охолоджена емульсія, обходячи розподільний пристрій, потрапляє в декристалізатор 34 через фільтр 35. У декристалізаторі 34 відбувається виділення прихованого тепла, що призводить до підвищення температури маргарину на 2–3 °С.

З машини 33 для заповнення і зважування коробок маргарин направляєтся з декристалізатора 34. Ящики з продуктом переміщуються по конвеєру до машини для обгортання, а після цього вони направляються на склад готової продукції.

Загалом, процес виготовлення маргарину включає п'ять етапів: підготовка рідкої олії та емульгатора; підготовка водної фази; формування емульсії; пастеризація; кристалізація. Зайвий матеріал повертається для подальшої обробки в змішувальний резервуар за допомогою постійно діючого блоку.

Функціональна схема автоматизації (ФСА) призначена для визначення основних контурів контролю і регулювання основних технологічних параметрів.

Система автоматизації для блоку приготування маргарину включає в себе лінії для вимірювання, сигналізації та регулювання параметрів, таких як температура, рівень, тиск і вага.

Витрата компонентів при дозуванні

При змішування вершків, жиру, розчину солі і цукру та додаткових компонентів важливо точно дозувати кожний із складових. При дозацій спочатку через вихідний модуль аналогових сигналів сигнал 4-20 мА надходить на електропневмоперетворювач Samson 3740 (13б), сигнал 4-20 мА перетворюється в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, цей сигнал надходить на пневматичний клапан Samson 3310 (13д), і він відкривається повністю. В дозатор подається певна кількість розчину солі і цукру.

Як тільки це значення зафіксували автоматичні ваги КИ-7441 (13а) дозатора сигнал 4-20 мА надходить на модуль аналогових входів МПК, формується сигнал 4-20 мА на вихідному аналоговому модулі процесора і через електропневмоперетворювач Samson 3740 (13б) клапан 13д закривається повністю.

Після цього відкривається клапан 13e і за таким же алгоритмом проводиться дотація додаткових компонентів, після чого клапан закривається.

Відкривається клапан 13e і в апарат подається певна кількість вершків за аналогічним алгоритмом. Після цього вмикається двигун М5 і в дозатор надходить певна кількість рідкого жиру. Після подачі жиру двигун М5 вимикається.

Температура

Контроль за температурою здійснюється в пастеризаційно-охолоджувальній установці для регулювання підігріву та охолодження. Також виконується налаштування температури у плавильному апараті для твердих жирів, гомогенізаторі-диспрегаторі, пластинчастому охолоднувачі маргарину і підігрівнику маргарину під час повернення.

Вимірювання температури виконується за допомогою мідних термометрів опору ТСМ-1088. Отриманий сигнал передається на температурний перетворювач Sitrans ТК/ТК-Н (1а-8а), а потім 4-20 мА сигнал передається на модуль аналогових входів МПК. МПК порівнює отриманий сигнал із заданим значенням, і якщо виявляється розбіжність, то на виході модуля аналогових виходів МПК генерується сигнал 4-20 мА, який поступає на електропневмоперетворювач Samson 3740 (1б-8б). Звідси пневматичний сигнал подається на пневмоклапан Samson 3310 (1в-8в), що встановлений на трубопроводі подачі теплоносія. Цей клапан змінює положення поворотного регулюючого органу в межах 0...100%.

Рівень

Вимірювання рівня здійснюється в зрівнювальних бачках. Магнітні поплавкові датчики - реле для вимірювання рівня рідини Rosemount 2120 (9а,9б,10а,10б,11а,11б,12а,12б) сигналізують про досягнення верхнього або нижнього рівнів в зрівнювальних бачках.

Сигнал 24 В надходить на модуль дискретних входів, де опрацьовується і виводиться повідомлення на екран оператора.

Тиск

Індикація тиску в гомогенізаторі-диспергаторі проводиться за допомогою тензометричного перетворювача тиску Sitrans P ZD (14a), сигнал 4-20 мА надходить на модуль аналогових входів, значення виводиться на екран оператора.

Оберти насоса подачі жиру в дозатор

Оберти двигуна М5 регулюється за допомогою частотного перетворювача Lenze 8200 Vector (15a), значення обертів задає оператор.

Специфікація засобів автоматизації

№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одини ця вимірю вання	Кількіс ть, шт.	Примітка
1a-8a	Термометр опору Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...180 °С, Клас точності-0,25.	Sitrans ТК- ТК/Н	Шт.	8	Siemens
9a,9б, 10a, 10б, 11a, 11б, 12a, 12б	Вібраційний сигналізатор рівня рідини для вимірювання рівня рідини Точки перемикавання: макс. 4 Тиск макс: 100 бар; температура макс: 150 ° С Присднання: G 1/8, G 3/8, G ½, G1 зовнішня різьба, інші присднання - за запитом Матеріал: нерж. сталь, латунь, непластифі- ства ПВХ, поліпропілен. Вихідний сигнал: 24 VDC.	2120	Шт.	8	Rosemount

№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одини ця вимірю вання	Кількіс ть, шт.	Примітка
13а	Клас точності ваг по ГОСТ 29329: середній Продуктивність комплексу, т / год: 2,5 Найменша границя зважування борошна у ваговому бункері, кг: 5 Маса вагового комплексу, не більше, кг: 400 Джерело живлення комплексу: ~ 220 В (-33 + 22 В), 50 Гц Ємність накопичувального бункера, не менше, кг: 100 Габарити рами з бункерами: 1780 мм (в), 1430мм (ш), 1330мм (д)	КИ-7441	Шт.	1	Промприб ор
14а	Вимірювальний пе-ретворювач Sitrans P. Верхня межа вимірювання - 1,6 МПа. Кл. точн. - 0,25.	Sitrans P ZD	Шт.	4	Siemens
15а-23а	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20mA, 4- 20mA); Напруга живлення: 180...264 V AC; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° C;	S500	Шт.	9	Mitsubishi
1в-8в, 13б, 13в, 13г	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 mA Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: 140 кПа	3740	Шт.	11	Samson
16-8б, 13д,	Пневматичний клапан.	3310	Шт.	11	Samson

№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одини ця вимірю вання	Кількіс ть, шт.	Примітка
13е, 13є	Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 160 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа				

2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються

Ураховуючи той факт, що розроблювана Інтегрована Система Керування (ІСК) є надбудовою до типової Автоматизованої Системи Управління Технологічним Процесом (АСУ ТП) або Системи Управління Виробництвом згідно з принципом "не руйнування нижнього рівня" відповідно до IPDI, перелік функцій та завдань ІСК визначається для автоматизованої та інтелектуальної складової.

Функції ІСК розробляються, базуючись на цілях створення системи, через проведення процесу декомпозиції. Кожна функція поділяється на ряд завдань та підзавдань. Рекомендується спочатку розробити функції для АСУ ТП, а потім переходити до функцій ІСК. Цей підхід дозволяє ефективно структурувати та інтегрувати функціональні елементи, забезпечуючи системний розвиток, який відповідає вимогам та цілям виробничого процесу.

Розробка завдання на систему автоматизації

Найменування функції/ сигналу	Польові ТЗА (Y1.0)		ПЛК (Y1.1)		ПК (Y1.2)				
	E1.0	V1.0	C1.1	S1.1	I1.2	C1.2	R1.2	S1.2	A1.2
Рівень в зрівнювальному бачку 1 (розчин солі і цукру)	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Температура після ПОУ (розчин солі і цукру)	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Рівень в зрівнювальному бачку 2 (розчин солі і цукру)	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Рівень в зрівнювальному бачку 1 (вершки)	-	+	+	-	+	+	-	-	-

Найменування функції/ сигналу	Польові ТЗА (Y1.0)		ПЛК (Y1.1)		ПК (Y1.2)				
	E1.0	V1.0	C1.1	S1.1	I1.2	C1.2	R1.2	S1.2	A1.2
Температура після ПОУ (вершки)	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Рівень в зрівнювальному бачку 2 (вершки)	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Витрата розчину солі і цукру в змішувач	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Витрата вершків в змішувач	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Витрата красителі, атиоксиданти, вітаміни, лимонна кислота в змішувач	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Температура в гомогенізаторі	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Тиск в гомогенізаторі	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Температура після охолоджувачі (маргарин)	-	+	+	-	+	+	-	-	-

Таблиця 2.2.1. Перелік функцій та задач АСУ ТП та ІСК

Позначення	Найменування функції/задачі	Закон/алгоритм	Період	Примітка
LC1	Регулятор рівня в змішувачі маргаринової емульсії	PI	1 с	У складі LC1
TC1	Регулятор температури в змішувачі маргаринової емульсії	PI	1 с	У складі TC1
WT1	Регулятор витрати в змішувачі маргаринової емульсії	PI	1 с	У складі WT1
QT1	Регулятор жирності в змішувачі маргаринової емульсії	PI	1 с	У складі QT1

2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram)

Область системної інженерії та індустрії програмного забезпечення використовує вимоги для формалізації потреб зацікавлених сторін. Ці вимоги трансформуються в функціональні можливості та обмеження, які система повинна реалізувати або враховувати для відповіді на поставлені завдання. Вимоги для зацікавлених сторін є механізмом забезпечення відповідності наданого рішення (у цьому випадку - системи) визначеному списку вимог.

Вимоги можуть бути структуровані та організовані шляхом відокремлення функціональних вимог від технічних. Це можна виконати за допомогою різних інструментів, таких як електронна таблиця Excel або спеціалізовані програми, наприклад, DOORS або EA. Використання цих інструментів має перевагу у тому, що вони дозволяють користувачам повністю контролювати та управляти вимогами.

Модельний підхід до управління вимогами використовує асоціації та залежності між вимогами та елементами моделі, такими як сценарії використання (use cases), блоки чи тестові випробування (test cases), для встановлення зв'язків у моделі.

Наприклад, можуть створюватися асоціації між вимогами та елементами моделі, що дозволяє простежувати взаємозв'язки в рамках системи, наприклад, асоціювати сценарії використання із конкретними вимогами.

Отже, SysML надає візуальне та графічне відображення текстових вимог, спеціалізованих асоціацій між ними та іншими елементами моделі, а також забезпечує зручний спосіб управління цими вимогами в структурованому та ієрархічному середовищі.

SysML встановлює нові види асоціацій у вигляді стереотипних залежностей:

- Derive (успадковування): одна або кілька вимог, які впливають із іншої вимоги;

- Satisfy (забезпечення, задоволення): один чи кілька елементів моделі виконують вимогу;

- Verify (перевірка): один чи кілька елементів моделі, таких як тестова система, перевіряють виконання вимог;

- Refine (уточнення): один чи кілька елементів моделі, таких як, наприклад, використання (use case), додатково конкретизують вимогу;

- Copy (копіювання): один чи кілька елементів моделі системи копіюються на інший елемент;

- Trace (прослідковування): один чи кілька елементів моделі системи відстежуються до інших елементів.

SysML встановлює нові види коментарів, використовуючи стереотипи та надаючи можливість пов'язувати пояснення з асоціаціями або елементами моделі:

- Problem (проблема): коментар, що містить опис виявленої проблеми або потреби, внаслідок недоліку, обмеження або відмови одного чи декількох елементів моделі;

- Rationale (обґрунтування): коментар, який пояснює причину або обґрунтовує рішення, пов'язане з асоціацією чи елементом.

Діаграма вимог відображає лише функціональні вимоги, пов'язані із Інтегрованою Системою Керування (ІСК) та Автоматизованою Системою Управління (АСУ), що пов'язана з нею. Вимоги інших видів забезпечення на діаграмі не зазначаються, оскільки вони вже були визначені в технічному завданні.

Діаграма вимог для інтелектуального регулятора температури наведений на рисунку 2.3.1.

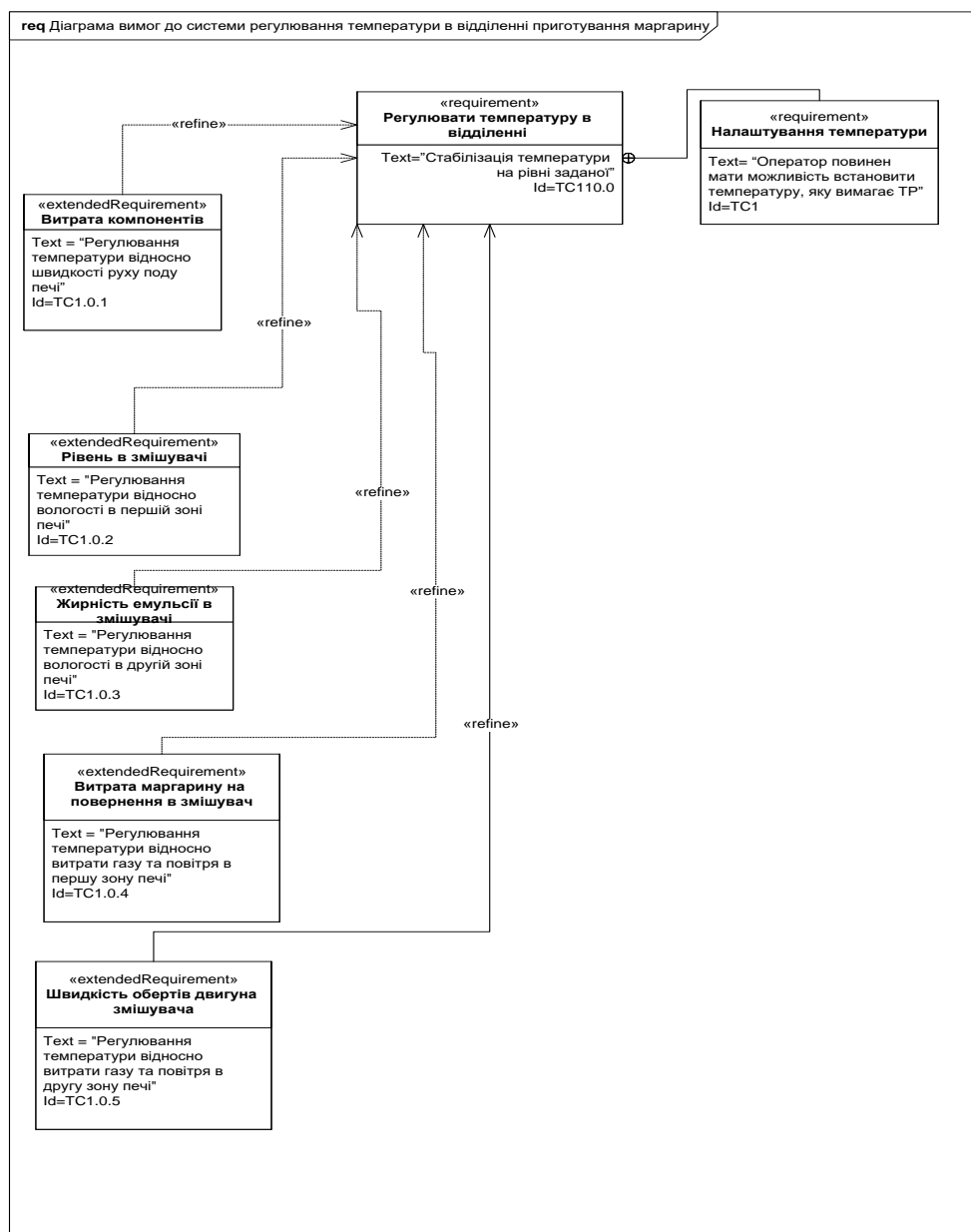


Рисунок. 2.3.1. Requirement Diagram для інтелектуального регулятора температури в змішувачі маргаинової емульсії

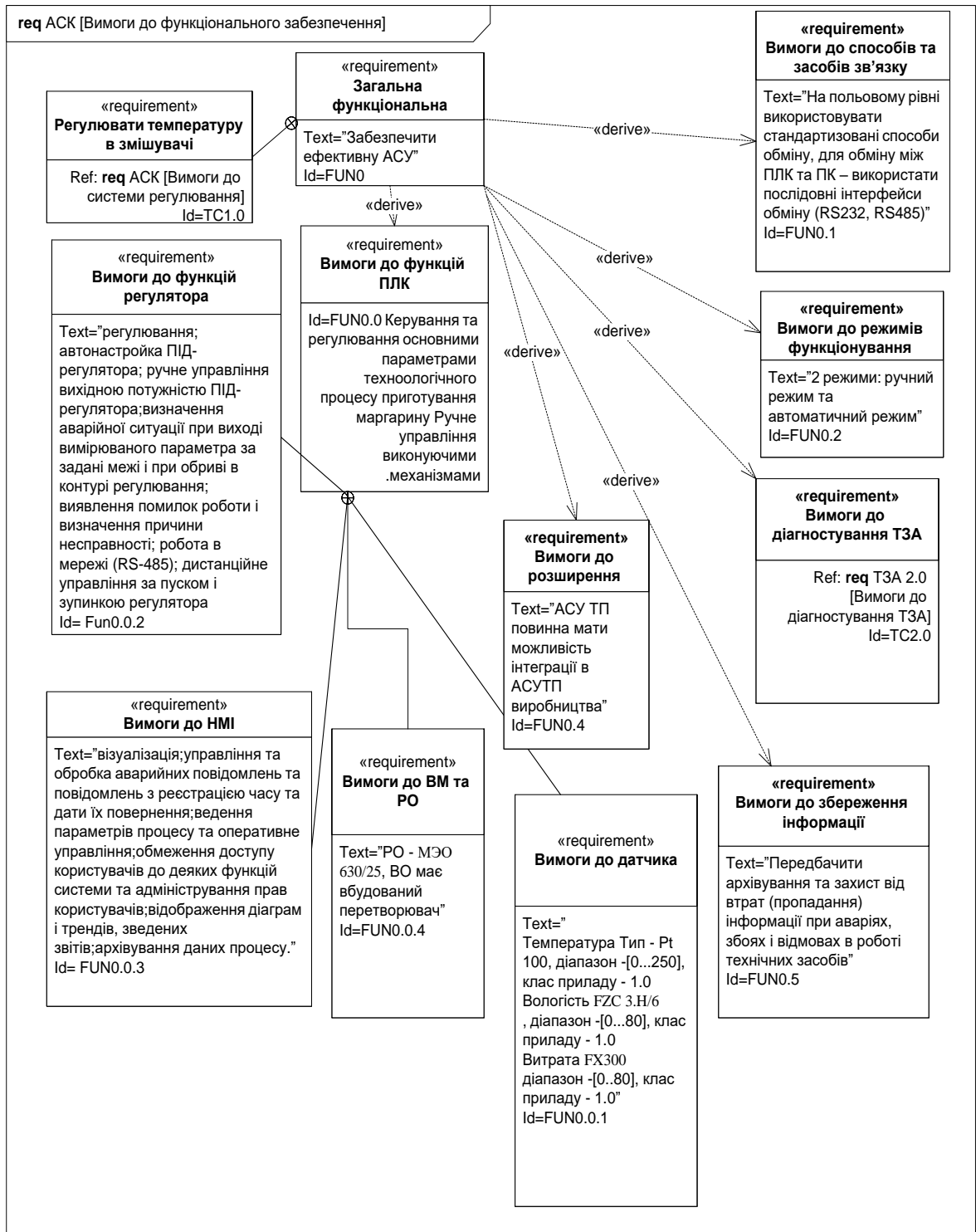


Рисунок. 2.3.2. Requirement Diagram (діаграма вимог) до функціонального забезпечення АСУ відділення приготування маргарину

2.4. Визначення функцій користувачів (Use Case diagram)

Ніяка добре структурована система не існує в ізоляції: вона взаємодіє з акторами (людьми або системами), які використовують її для досягнення конкретної мети, очікуючи від неї визначеної поведінки. Діаграма варіантів використання конкретизує очікувану поведінку суб'єкта (системи або її частини) – вона розглядає послідовності дій, включаючи їх варіанти, які суб'єкт виконує для досягнення конкретного результату перед діючою особою.

Варіанти використання використовуються для визначення необхідної поведінки системи, не надаючи деталей щодо конкретної реалізації цієї поведінки. Вони сприяють взаєморозумінню між розробниками, кінцевими користувачами та експертами у предметній області, допомагаючи переконатися в правильності архітектурних рішень та використовувати їх для перевірки системи під час розробки.

Також, оскільки ця діаграма аналогічна UML, вона використовується для візуалізації створеної системи чи підсистеми, дозволяючи користувачеві зрозуміти, як використовувати цей елемент, а розробникові – як його реалізувати.

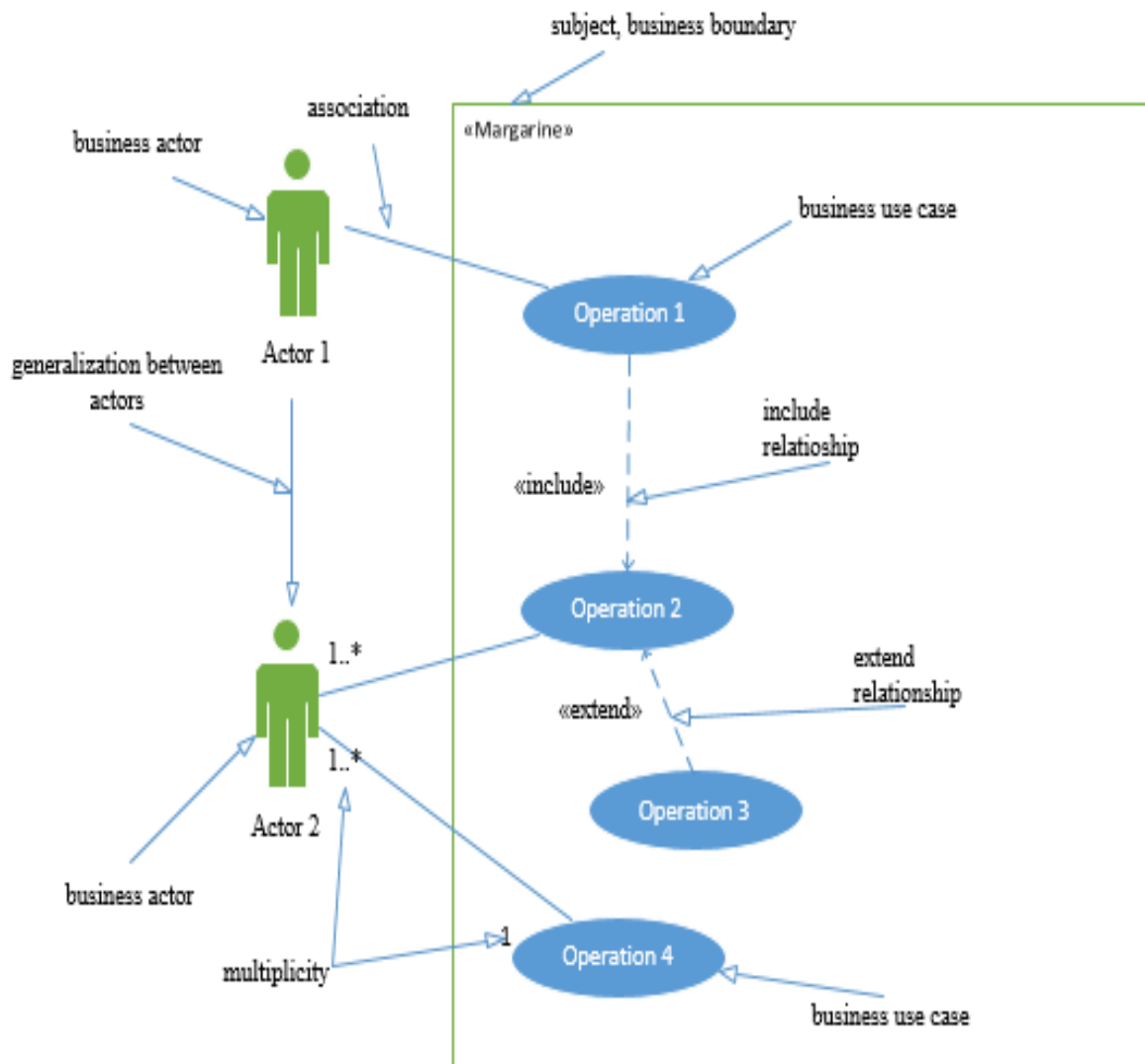


Рисунок 2.4.1. Основні елементи Use Case diagram

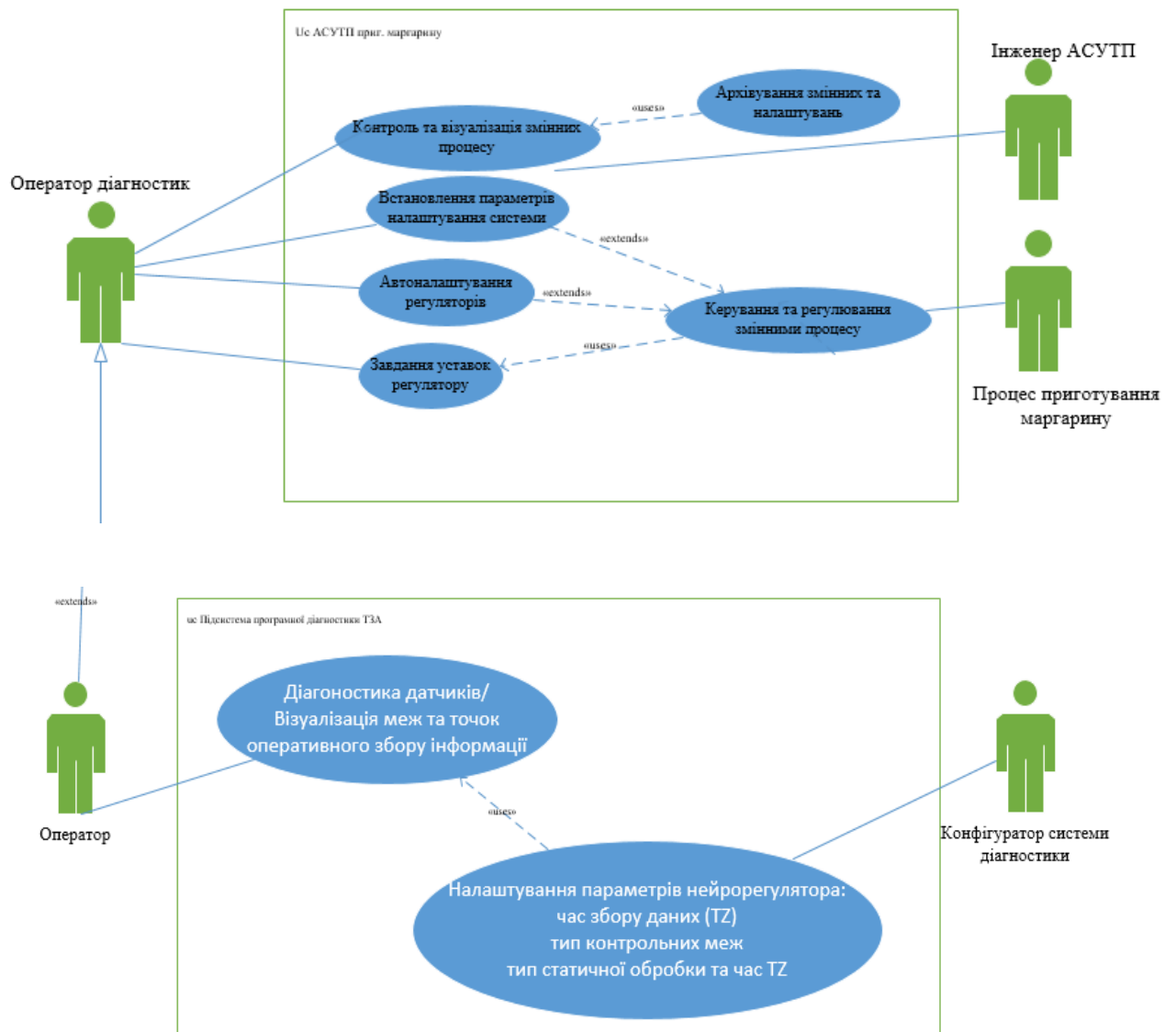


Рисунок 2.4.2. Фрагмент Use Case diagram для підсистем АСУТП та діагностики ТЗА процесу приготування маргаринової емульсії

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

BDD (Block Definition Diagram) – це графічна діаграма, що подає блоковий огляд системи, де основний блок представлений разом із його ієрархією компонентів. BDD може включати блоки різних типів, таких як програмне забезпечення, обладнання та інші.

В порівнянні з UML2, в контексті SysML, BDD переглядає концепцію класів, замінюючи їх блоками та впроваджуючи ідею портів та потоків.

Під час розробки інформаційних систем рекомендується створювати три BDD для технологічного, технічного та інтелектуального (інформаційного) складників

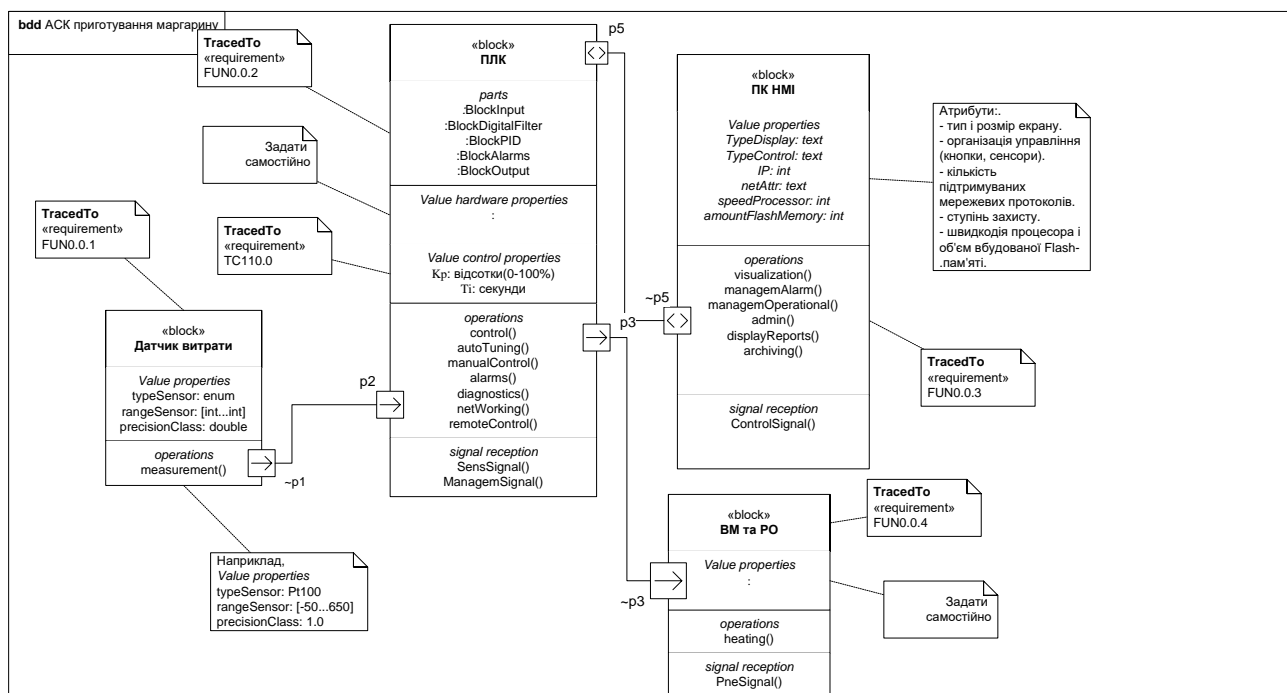


Рисунок. 2.5.1. BDD діаграма для АСК приготування маргарину

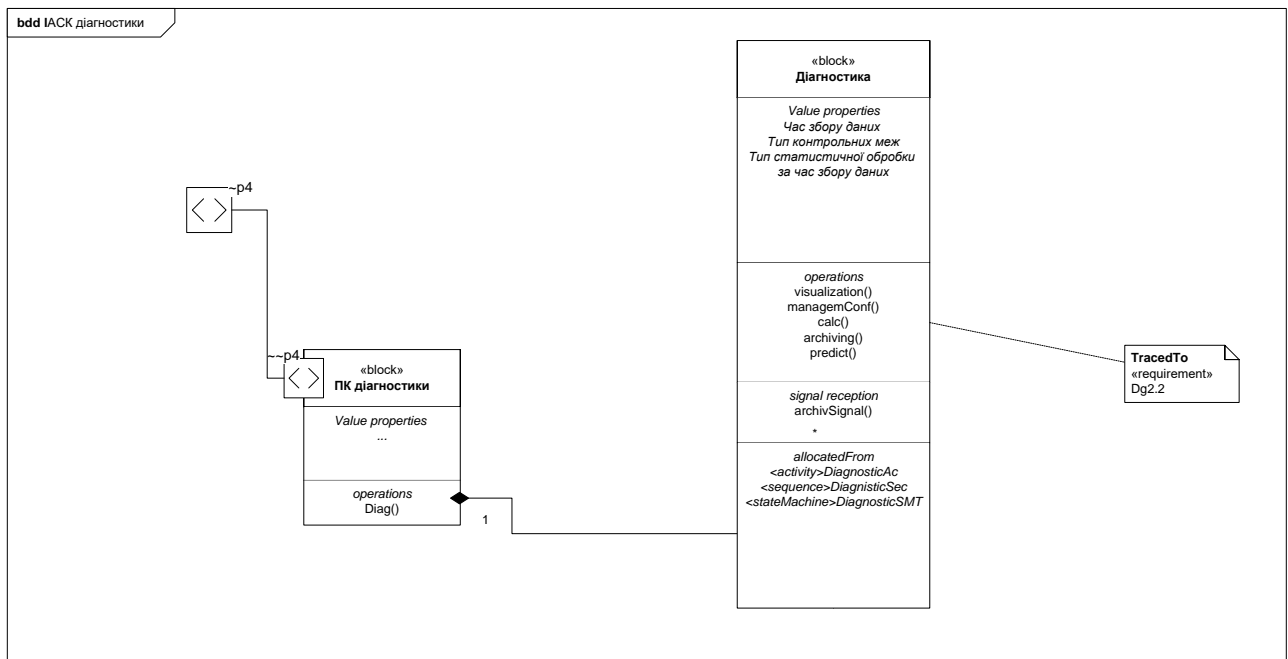


Рисунок. 2.5.2. BDD діаграма для АСК та ІАСК приготування маргаринової емульсії

Частина нижніх блоків фактично входить у склад основного блоку через відношення "має", яке фізично відображається асоціаціями на схемі у вигляді композиції або "сильної" агрегації, представлені стрілкою з суцільним ромбом. Інші блоки є частинами основного блоку, але не фізично входять до нього, тому їх називають посиланнями, а асоціацію позначають відкритим ромбом (проста агрегація). Поняття порту потоку (flow port) є нововведенням у SysML. Порти потоку визначають те, що може пройти через блок (в/з), таке як інформаційні дані, матеріальні потоки або енергія.

2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК

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

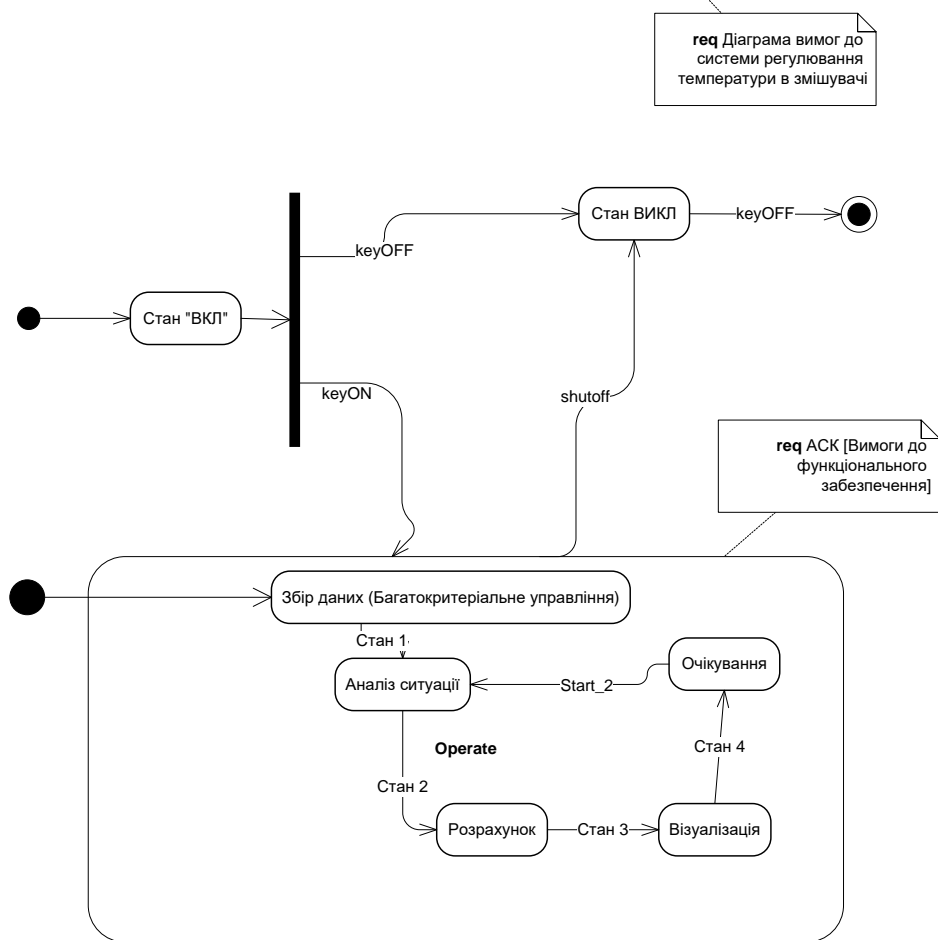
Моделювання поведінки системи за допомогою State Machine діаграм

Процес моделювання поведінки системи визначає вхідні дані, вихідні результати, послідовності дій та умови, які координують взаємодію підсистем. У цьому контексті, State Machine діаграми використовуються для надання гнучких зв'язків між блоками, які мають певну поведінку.

Діаграма машинного (планувального) стану, відома також як State Machine або State Chart, використовується в стандарті UML2. Вона надає засіб визначити життєвий цикл блоків відповідно до блок-дефініцій діаграм (BDD). Життєвий цикл описує всі можливі стани для блока, а також події та умови, які визначають переходи між цими станами.

Діаграма State Machine застосовується лише до складних блоків або тих, які є важливими для системи та залежать від багатьох станів. Вона дозволяє визначити різні аспекти поведінки, такі як події, умови, ефекти, переходи, складені стани та інші параметри, які є важливими для розуміння взаємодії системи.

Ці поняття та визначення, використовувані в UML, також мають застосування в мові моделювання SysML, розширюючи можливості аналізу та проектування системи в контексті її поведінкових аспектів.



req Діаграма вимог до системи регулювання температури в змішувачі

req АСК [Вимоги до функціонального забезпечення]

Рисунок. 2.6.1.1. State Machine diagram (діаграма станів) відділення приготування маргаринової емульсії

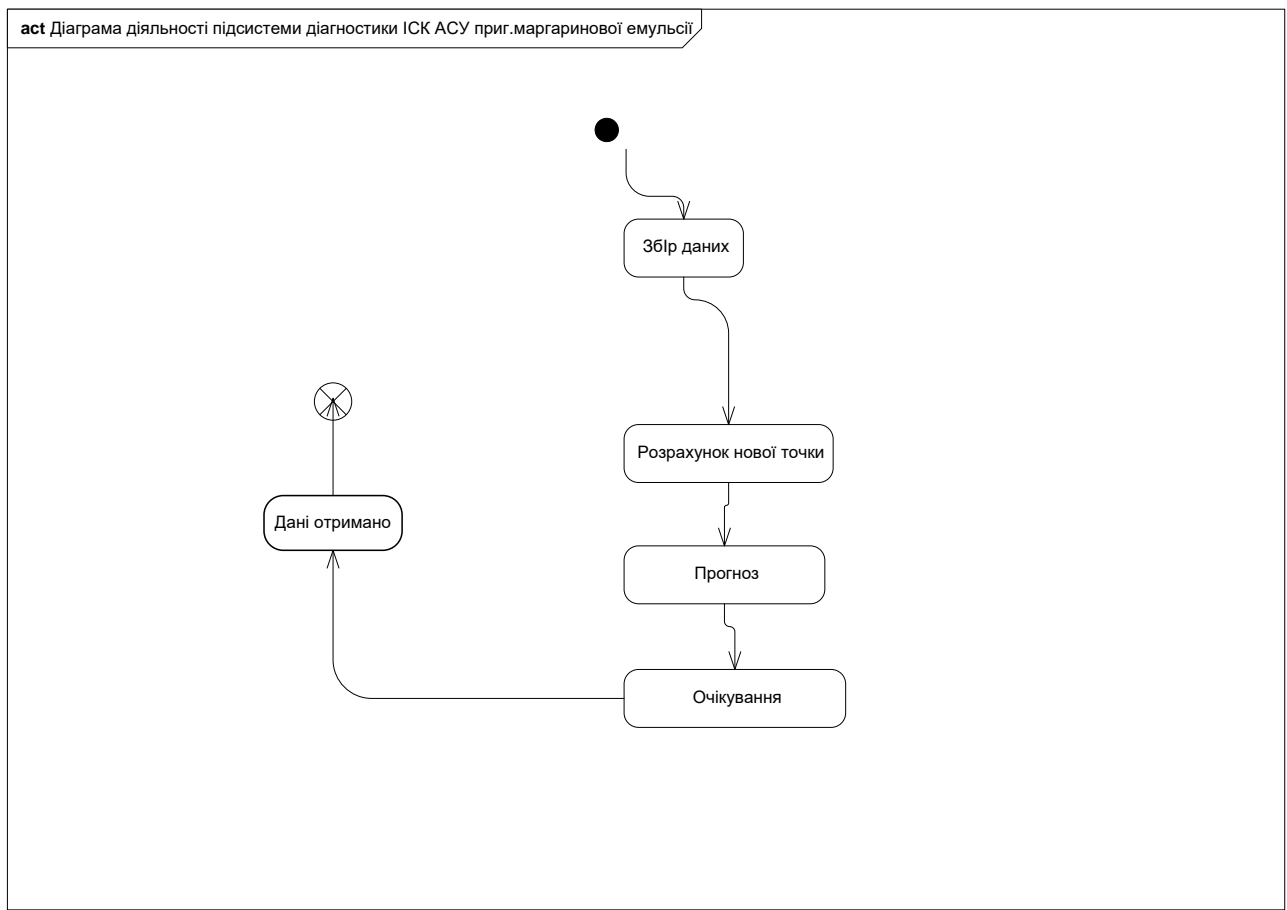


Рисунок. 2.6.1.2. Діаграма активності для підсистеми моніторингу АСУ відділення приготування маргаринової емульсії Activity diagram

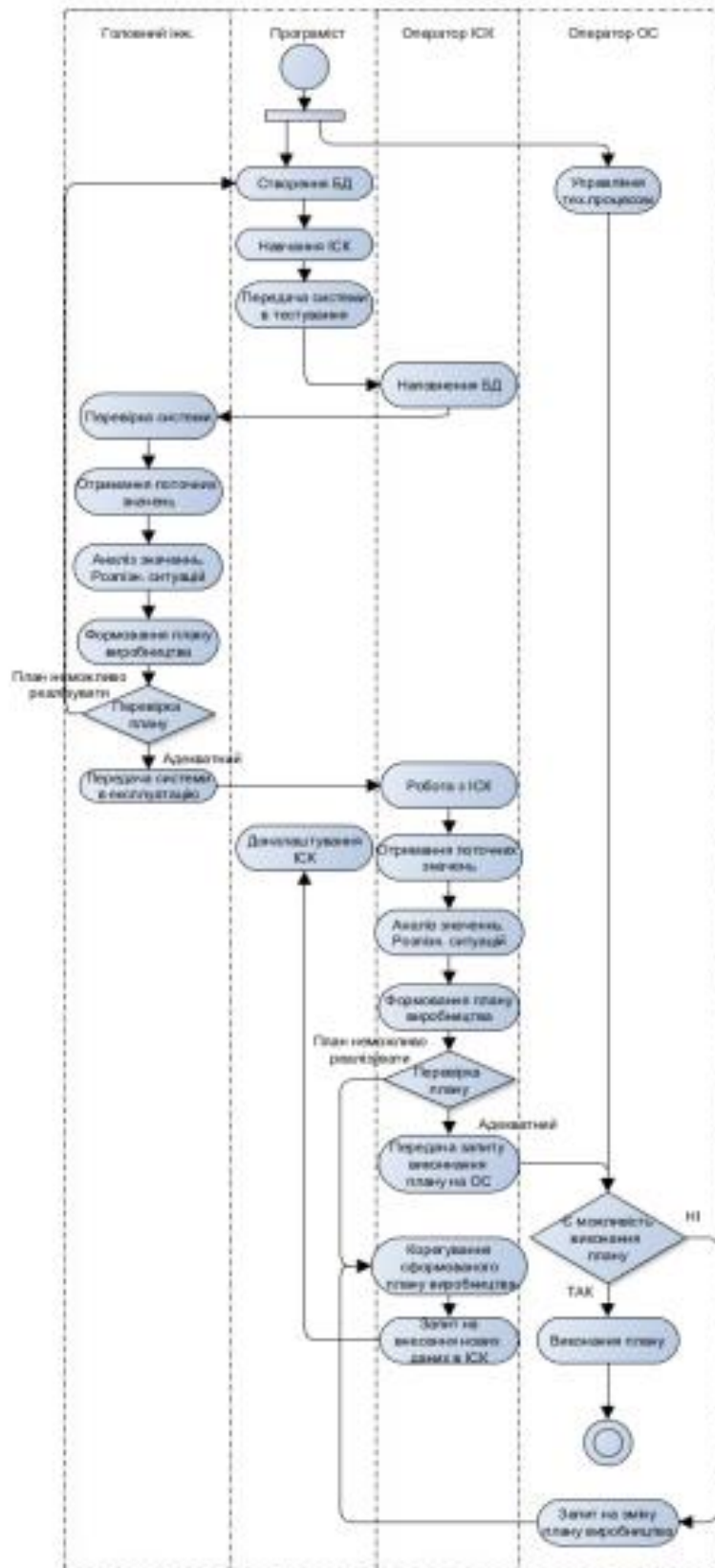


Рисунок. 2.6.1.3. Activity diagram

2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації підсистем (Sequence diagram)

Діаграма послідовності відображає інформацію щодо взаємодії блоків в хронологічній послідовності. Графічне представлення має дві осі: вертикальну вісь, яка відображає час, і горизонтальну вісь, яка представляє об'єкти-учасники. Вісь часу може служити опорною точкою, де позначення часу представлені текстовими полями.

Розташування об'єктів по горизонталі не є вирішальним для змісту, і їх можна перегруповувати за необхідності.

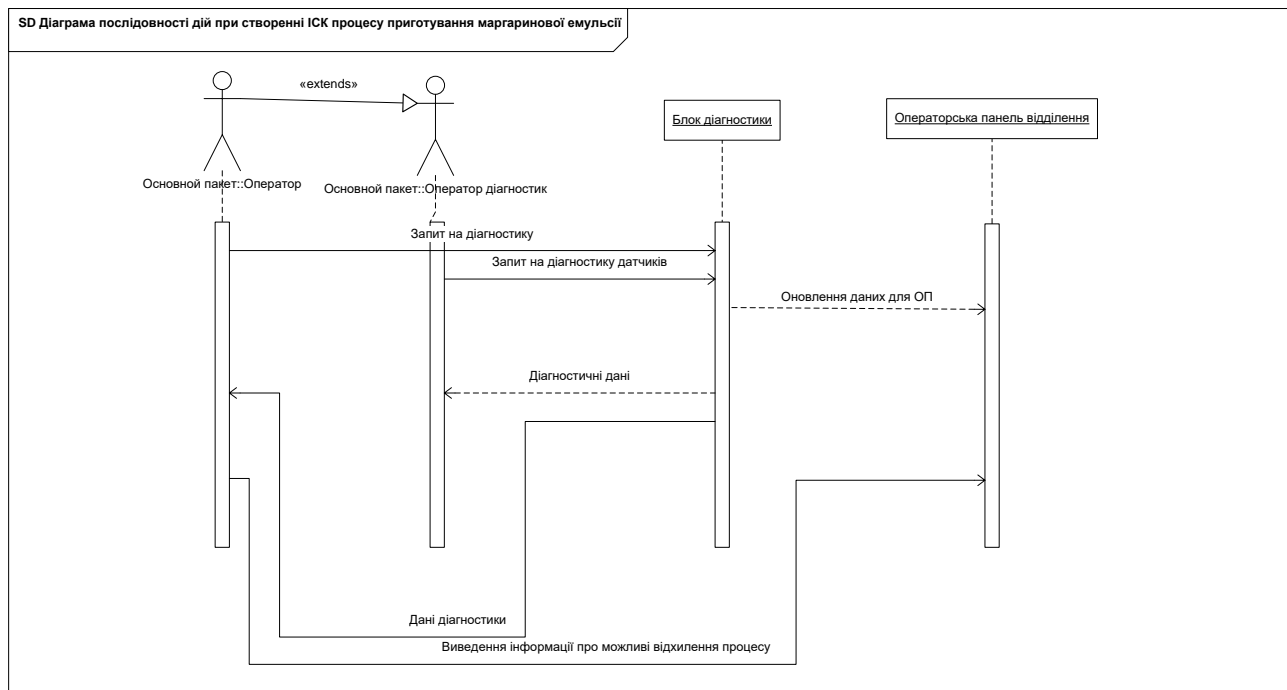


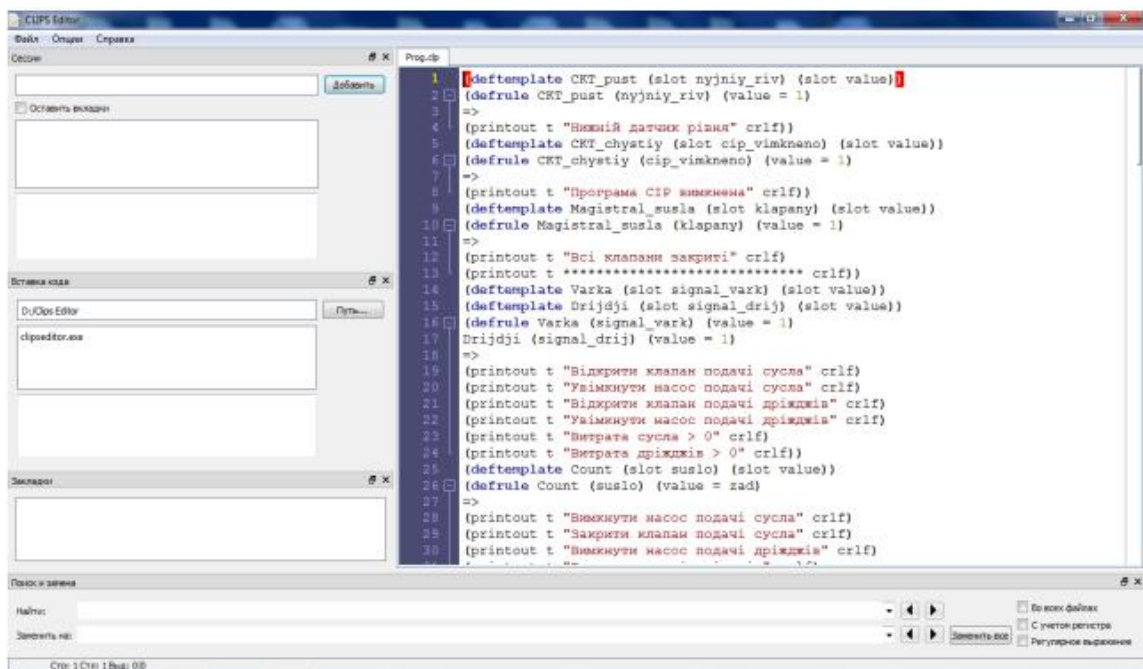
Рисунок 2.6.2.1. Sequence diagram (діаграма послідовності) ІСК приготування маргаринової емульсії

Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК

3.1. Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи

У даному розділі надається огляд програмного забезпечення компонентів АСУ та ІСК, розглядаються переваги та недоліки вибраних програмних продуктів. Особлива увага приділяється інтерфейсній взаємодії обраного програмного забезпечення. Також розглядаються аспекти надійності, доступності та простоти використання програмної частини ІСК.

В залежності від поставленої задачі це може включати в себе вивчення роздруковки частини програм для ПЛК, скриптів SCADA/HMI, MES/MOM, окремих прикладних програм або елементів хмарних обчислень, які відповідають за реалізацію функцій та завдань ІСК.



```
1 (deftemplate CRT_pust (slot nyjniy_riv) (slot value))
2 (defrule CRT_pust (nyjniy_riv) (value = 1)
3 =>
4 (printout t "Вижий датчик рівня" crlf))
5 (deftemplate CRT_chystiy (slot cip_vimkmeno) (slot value))
6 (defrule CRT_chystiy (cip_vimkmeno) (value = 1)
7 =>
8 (printout t "Програма СІР вимкнена" crlf))
9 (deftemplate Magistral_susla (slot klapany) (slot value))
10 (defrule Magistral_susla (klapany) (value = 1)
11 =>
12 (printout t "Всі клапани закриті" crlf)
13 (printout t "*****" crlf))
14 (deftemplate Varka (slot signal_vark) (slot value))
15 (deftemplate Drijdji (slot signal_drij) (slot value))
16 (defrule Varka (signal_vark) (value = 1)
17 Drijdji (signal_drij) (value = 1)
18 =>
19 (printout t "Відкрити клапан подачі суспензії" crlf)
20 (printout t "Увімкнути насос подачі суспензії" crlf)
21 (printout t "Відкрити клапан подачі дрижджів" crlf)
22 (printout t "Увімкнути насос подачі дрижджів" crlf)
23 (printout t "Витрата суспензії > 0" crlf)
24 (printout t "Витрата дрижджів > 0" crlf))
25 (deftemplate Count (slot suslo) (slot value))
26 (defrule Count (suslo) (value = zad)
27 =>
28 (printout t "Вимкнути насос подачі суспензії" crlf)
29 (printout t "Закрити клапан подачі суспензії" crlf)
30 (printout t "Вимкнути насос подачі дрижджів" crlf)
```

Рисунок 3.3.1 Програма реалізації експертної системи в CLIPS

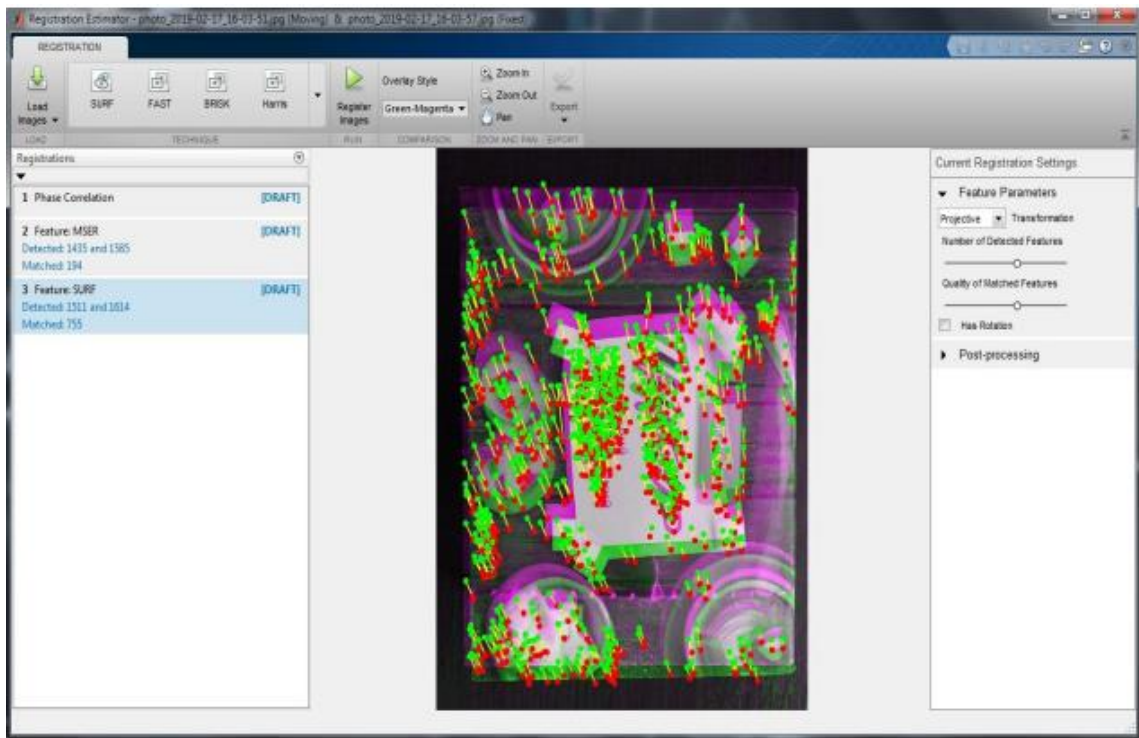


Рисунок 3.3.2. Програма реалізації підсистеми машинного зору в Matlab

3.2. Розробка міжпрограмної взаємодії ІСК (Internal Block diagram)

Внутрішня блокова діаграма базується на складній структурі діаграми UML (Composite Structure diagram) і включає обмеження та розширення, визначені в рамках SysML. Дана діаграма фіксує внутрішню структуру блоку, розглядаючи його характеристики та зв'язки між ними. У складі блоку можуть бути включені різні характеристики, такі як значення, частини та посилання на інші визначені блоки. Внутрішня блокова діаграма, створена для блоку як внутрішнього елемента, відобразить тільки його внутрішні елементи класифікатора, такі як частини, порти та з'єднувачі. З іншого боку, внутрішня блокова діаграма, створена для пакета, дозволяє відобразити додаткові елементи, такі як форми, примітки та коментарі.

Усі характеристики та з'єднувачі, представлені на IBD, відносяться до блоку, ім'я якого вказане у заголовку діаграми. Саме цей конкретний блок є контекстом для даної діаграми. Отже, складені блоки з BDD інстанціюються на IBD як їх складові частини. Ці деталі збираються через з'єднувачі, які пов'язують їх безпосередньо або через свої порти (стандартні порти з відкритими інтерфейсами та/або портами потоку). У порівнянні з UML2, IBD в рамках SysML переосмислює схему складеної структури, підтримуючи блоки та порти потоків.

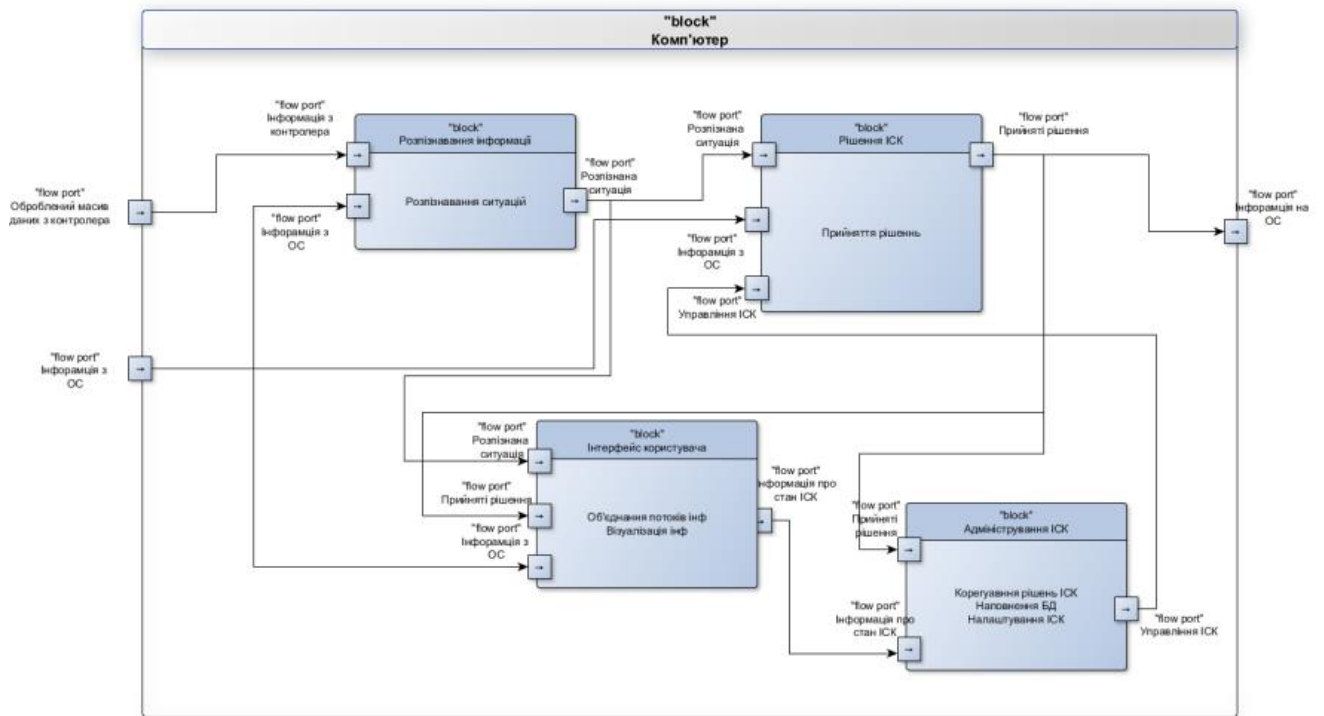


Рисунок 3.2.1. Internal Block diagram

3.3. Визначення параметрів ІСК (Parametric diagram)

Параметрична діаграма призначена для підтримки системного аналізу, зокрема в оцінці продуктивності та надійності, шляхом визначення обмежень на рівні блоків. У даному випадку, ці обмеження виражаються математичними рівняннями та параметрами.

Деякі з цих параметрів можуть бути пов'язані з характеристиками конкретного системного блоку.

Для початку, аналогічно процесу формування BDD для ідентифікації блоку перед створенням IBD, обмеження блоку конкретизуються на діаграмі класів. Після цього можна створити параметричну діаграму, в якій визначаються обмеження та параметри блоку для подальшого використання у системному аналізі.

- Блокові обмеження формулюються як обмежені характеристики та успадковують параметри від обмежень, що визначені на рівні блоків.
- Системні властивості включаються та можуть бути пов'язані з характеристиками блоку.
- З'єднувачі використовуються для зв'язку всіх характеристик системи та обмежених параметрів.

Характеристики зазвичай представлені простими типами значень, які також можуть бути відображені в одиницях вимірювання, зафіксовані за кількістю видів та розподілом ймовірностей. Це дозволяє для властивостей значення (Value Property), що може бути глибоко вбудованою в ієрархію та відслідковуваною на зовнішньому рівні. Контекст використання Блоків обмежень також повинен бути визначений на параметричній діаграмі для підтримки належних просторів імен вбудованих властивостей.

Стан системи можна визначити, проаналізувавши значення певних характеристик. Зміна у стані веде до перерахунку різних рівнянь обмежень, що досягається визначенням обмежень, пов'язаних із конкретними характеристиками у даному стані. Параметричні діаграми можуть використовуватися для підтримки аналізу компромісів. Блок обмежень може встановлювати цільову функцію для порівняння альтернативних варіантів.

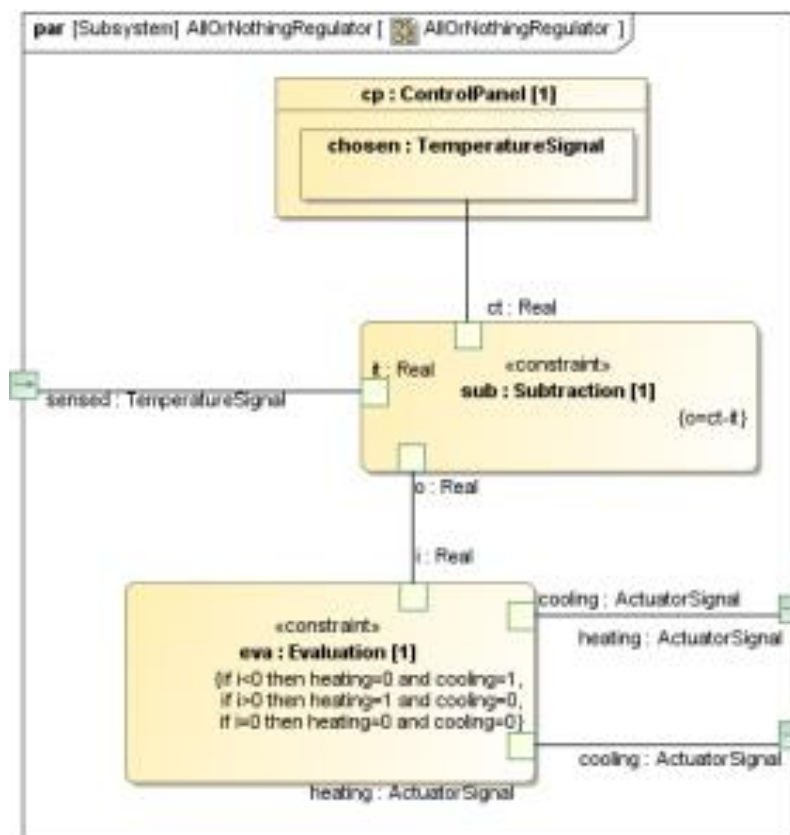


Рисунок 3.3.1. Parametric diagram

3.4. Розробка та моделювання ІСК

Резервуар для створення маргаринової емульсії, як об'єкт управління, представляє собою легку динамічну систему з кількома взаємозалежними вхідними параметрами. Водночас контури регулювання чітко визначаються головними каналами регулюючих дій, такими як витрата пастеризованого молока, витрата масла та закваски, температура пастеризації молока.

Це дозволяє стабілізувати регульовані параметри за допомогою незалежних контурних систем, що пов'язані лише через об'єкт управління.

На виході отримується маргарин із визначеним рівнем жирності продукту.

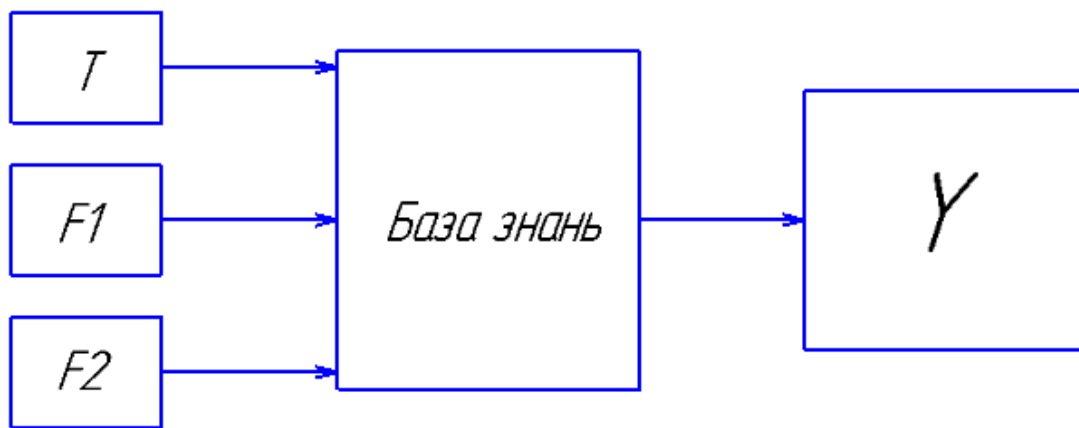


Рисунок 3.4.1. Параметрична схема заквашувальника

За основу взято три вхідні змінні:

T: [(0-100) °C] - температура в збірнику;

F1: [(0-800) л./год.] - витрата суміші компонентів;

F2: [(0-3000) л./год.] - витрата маргарину на повернення.

Вихідна змінна:

Y: [0-100] - якість маргаринової емульсії, а точніше його жирність;

Вміст жиру в згустку повинен утримуватися в межах 55-60 градусів, що вважається стандартним показником. Для цієї змінної розробляються функції належності. Також створюються функції належності для витрати масла і молока.

У роботі використовуються трикутні функції належності, які відображають рівні: дуже низький, низький, нижче норми, нормальний, вище норми, високий.

3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних

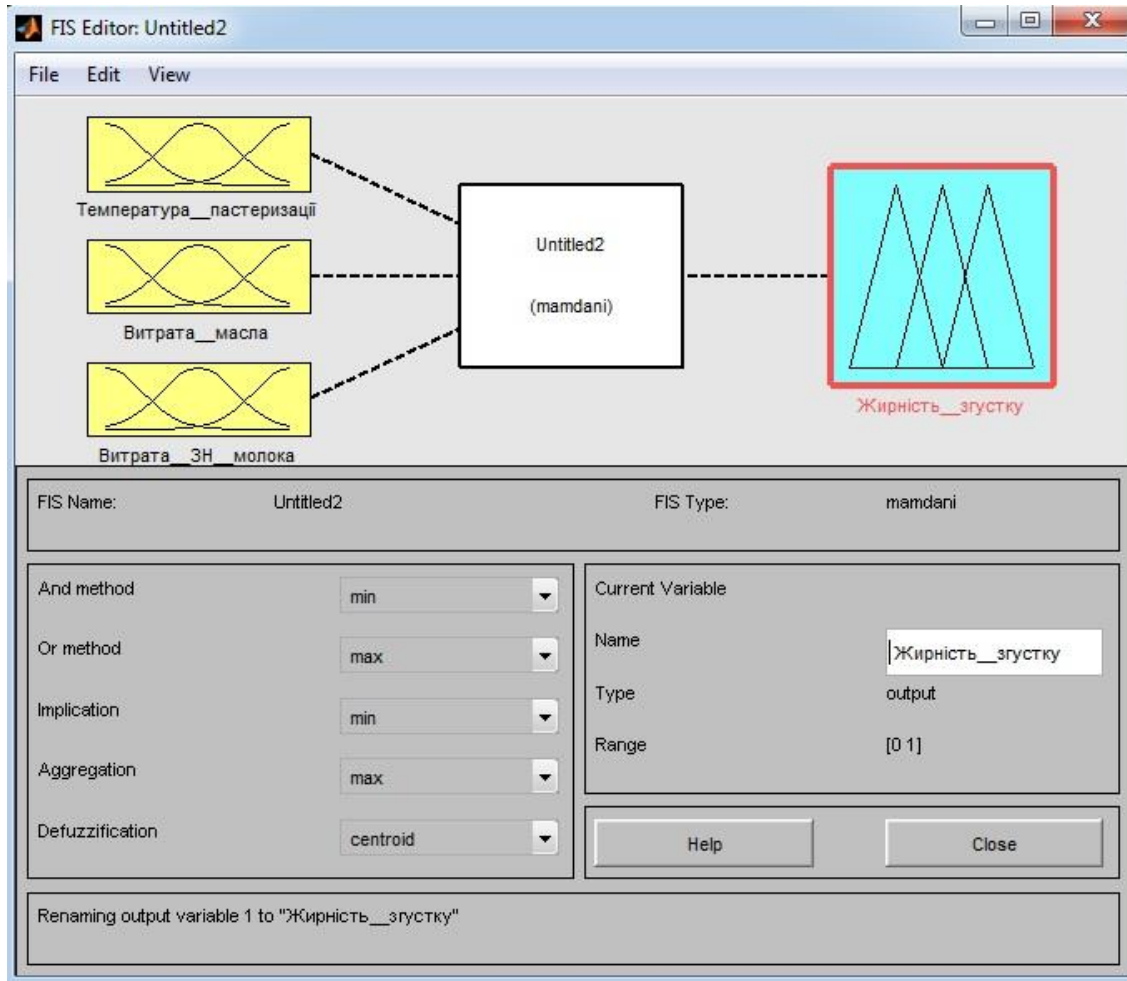


Рисунок 3.4.1. – Головне вікно графічної системи Fuzzy Logic Toolbox

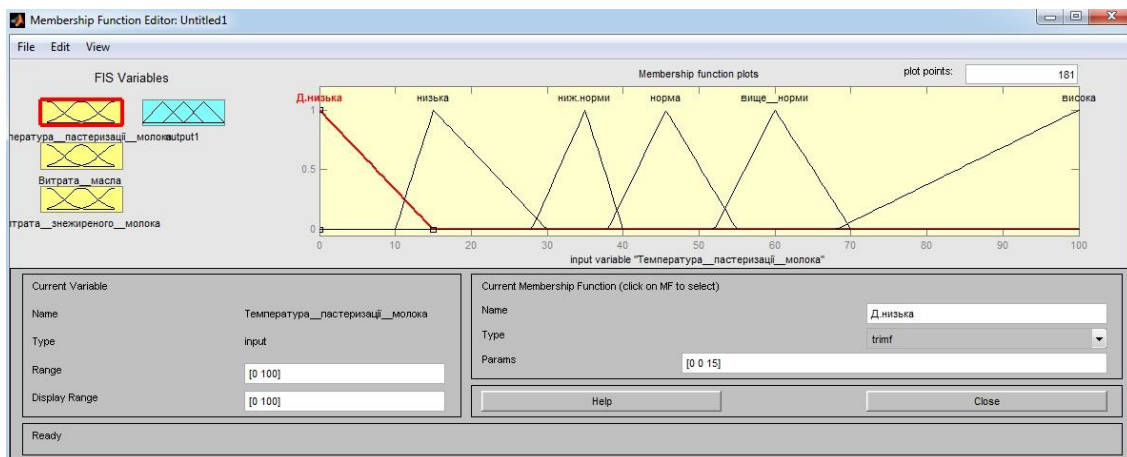


Рисунок 3.4.2. – Вікно редагування функції належності (температура в змішувачі)

Виділіть функцію належності за допомогою миші, а потім у нижній частині вікна змініть параметри "Діапазон" і "Діапазон відображення" у розділі "Поточна змінна" - це діапазон зміни вхідного параметру. Зазвичай це мінімальне і максимальне значення параметру.

Лінгвістичні поняття	Температура молока, С°		
Дуже низька	0	0	15
Низька	10	18	30
Нижче норми	28	35	40
Норма	38	48	55
Вище норми	52	62	70
Висока	68	100	100

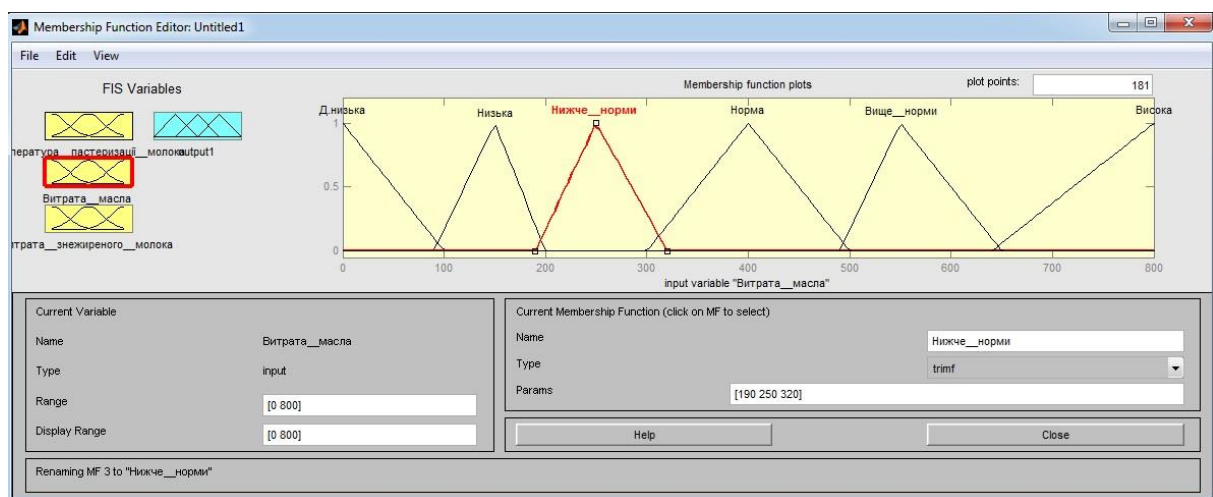


Рисунок 3.4.3. - Вікно редагування функції належності (витрата суміші компонентів)

Лінгвістичні поняття	Витрата закваски, літрів/годину		
Дуже низька	0	0	100
Низька	90	160	200
Нижче норми	190	255	310
Норма	300	400	500
Вище норми	490	540	650
Висока	630	1000	1000

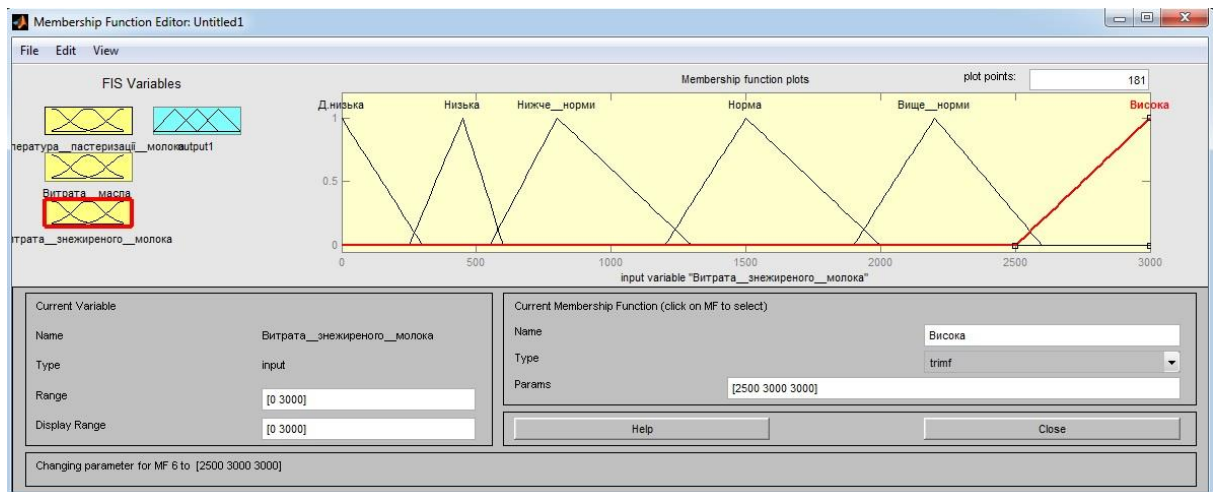


Рисунок 3.4.4. - Вікно редагування функцій належності (витрата маргарину на повернення)

Лінгвістичні поняття	Витрата молока, літрів/годину		
Дуже низька	0	0	290
Низька	250	450	560
Нижче норми	540	700	1300
Норма	1200	1500	2000
Вище норми	1900	2200	2600
Висока	2500	3000	3000

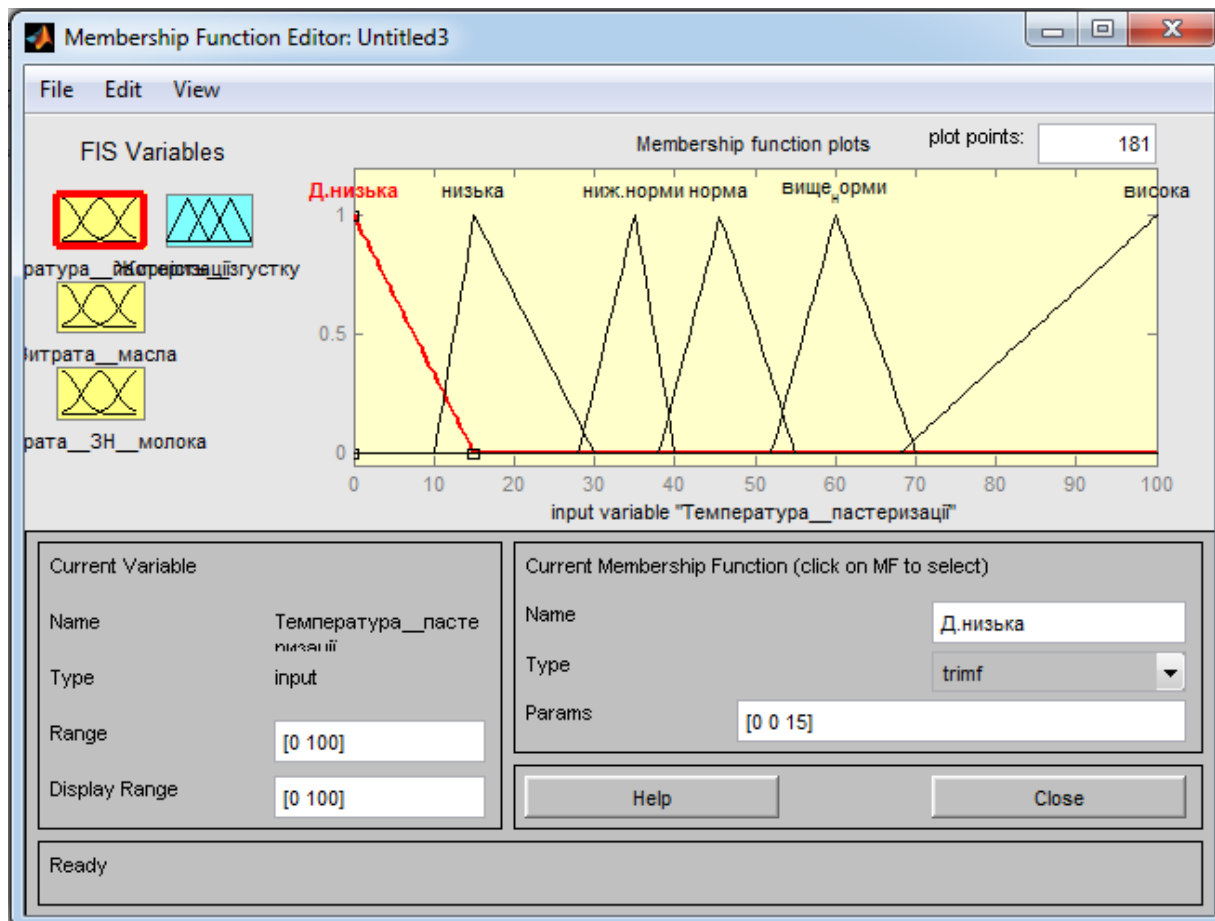


Рисунок 3.4.5. - Вікно редагування функцій належності (жирність згустку)

Лінгвістичні поняття	Жирність згустку, %		
	Дуже низька	0	0
Низька	10	18	30
Нижче норми	28	35	40
Норма	38	47	55
Вище норми	52	62	70
Висока	68	100	100

3.4.2. Розробка бази правил для нечіткої системи. Аналіз

результатів роботи системи

В головному вікні FIS Editor в меню Edit → Rules... відкривається вікно Rule Editor.

Дане вікно також можна відкрити, подвійно клікнувши лівою кнопкою миші на центральному білому прямокутнику. В даному вікні формуються нечіткі правила для системи, яку ви визначили на схемі. 3.4.2.

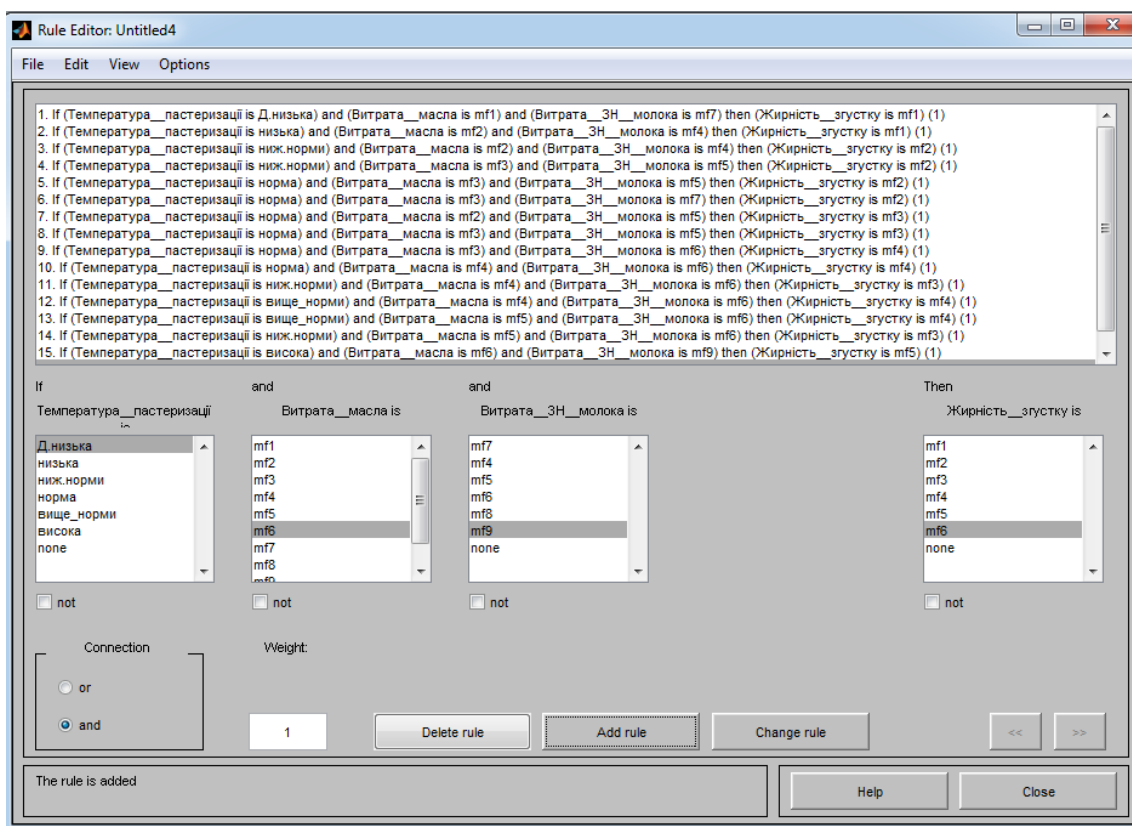


Рисунок. 3.4.2. Вікно редагування правил нечіткого висновку.

Для перегляду результатів роботи системи (підсистеми) нечіткої логіки у головному вікні FIS Editor виберіть команду View в меню, далі Rules – для графічного відображення алгоритму нечіткого висновку (рисунок 3.4.2) або команду Surface – для відображення поверхні відгуку (рисунок 3.4.3).

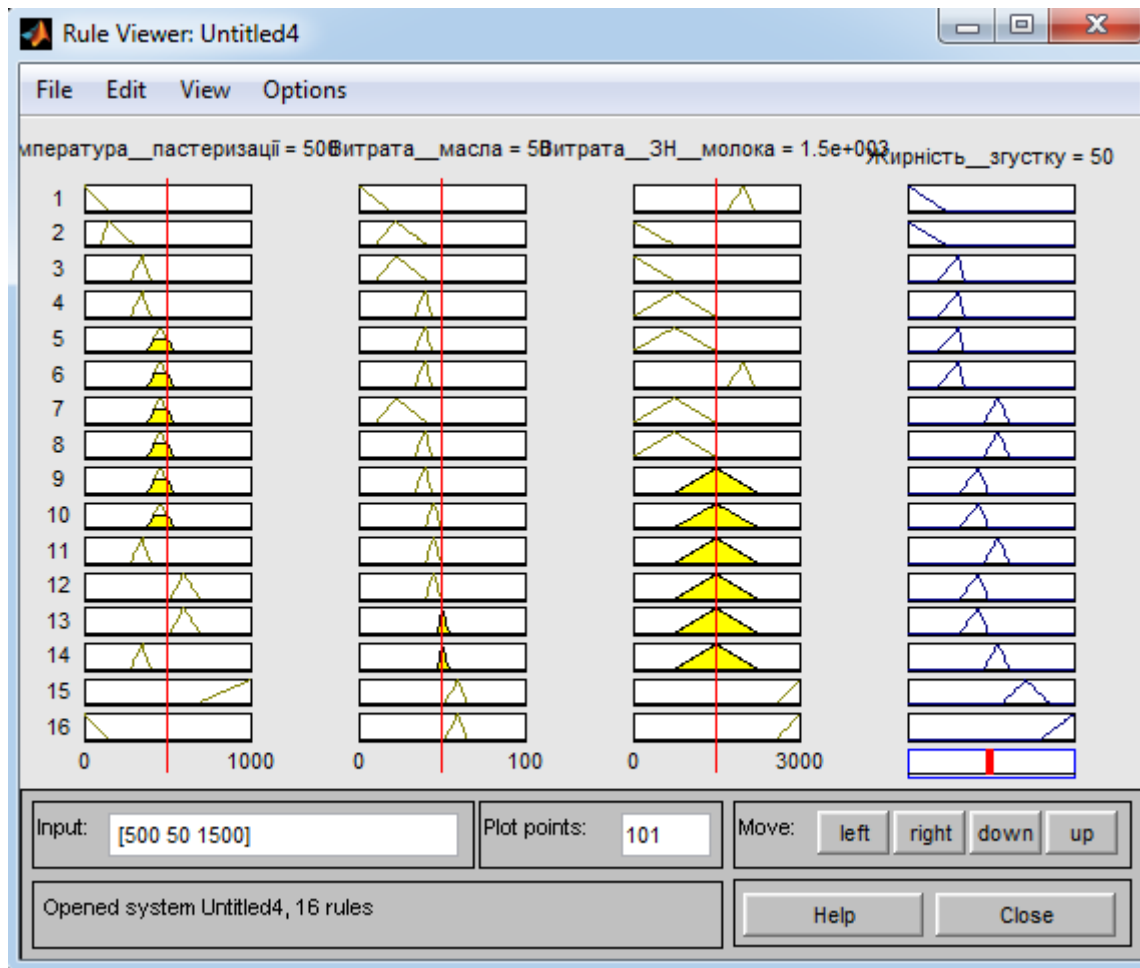


Рисунок 3.4.3. – Вікно графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку

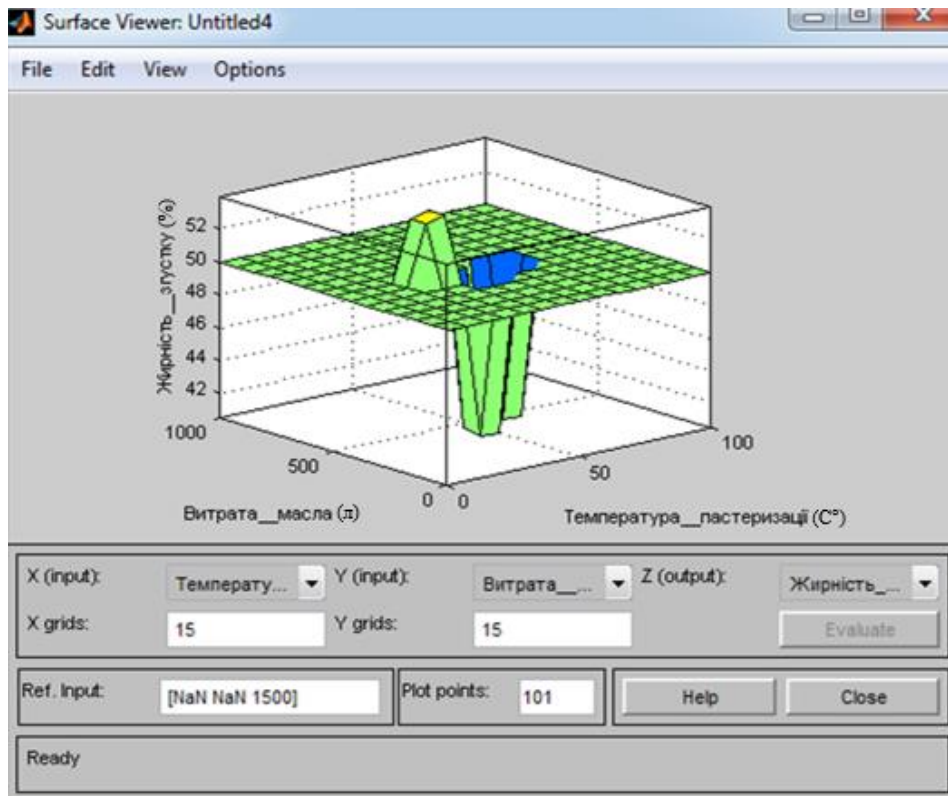


Рисунок 3.4.4. – Вікно відображення жирності згустку від зміни витрати компонентів та зміни температури в апараті.

Рекомендовані значення для отримання значення заданої жирності: витрата закваски 400 літрів та температура пастеризації 50 °C .

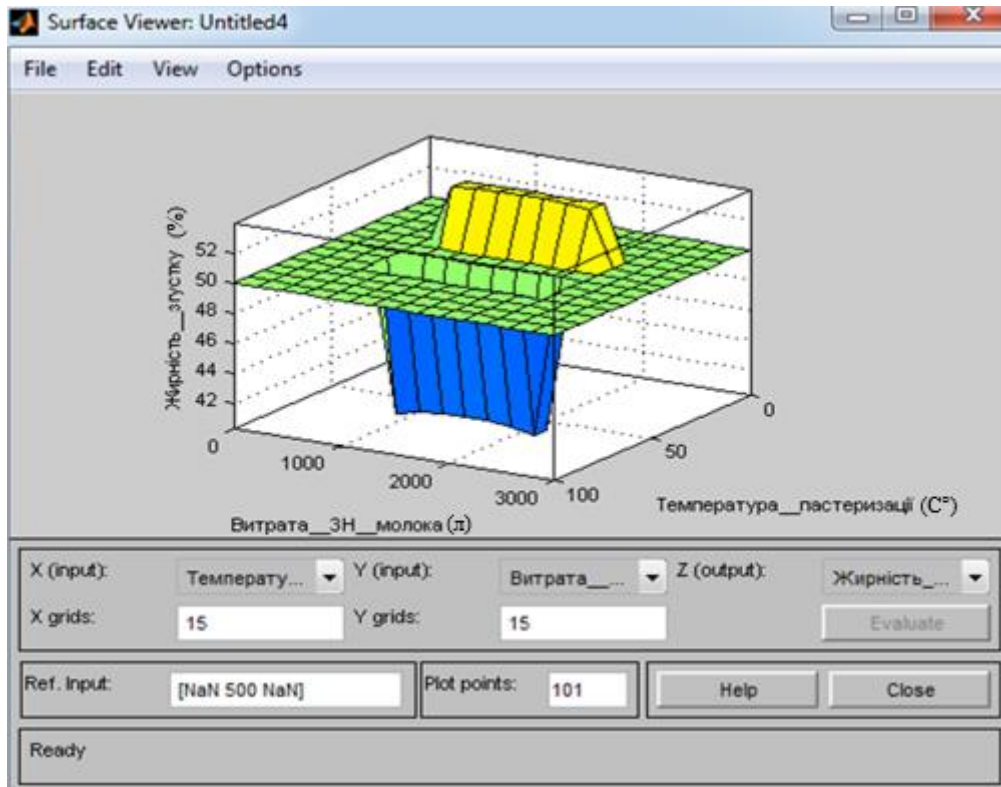


Рисунок 3.4.5. – Вікно відображення жирності від зміни витрати компонентів та температури в апараті.

Рекомендовані значення для отримання значення заданої жирності: витрата знежиреного молока 2000 літрів та температура пастеризації 50 °С.

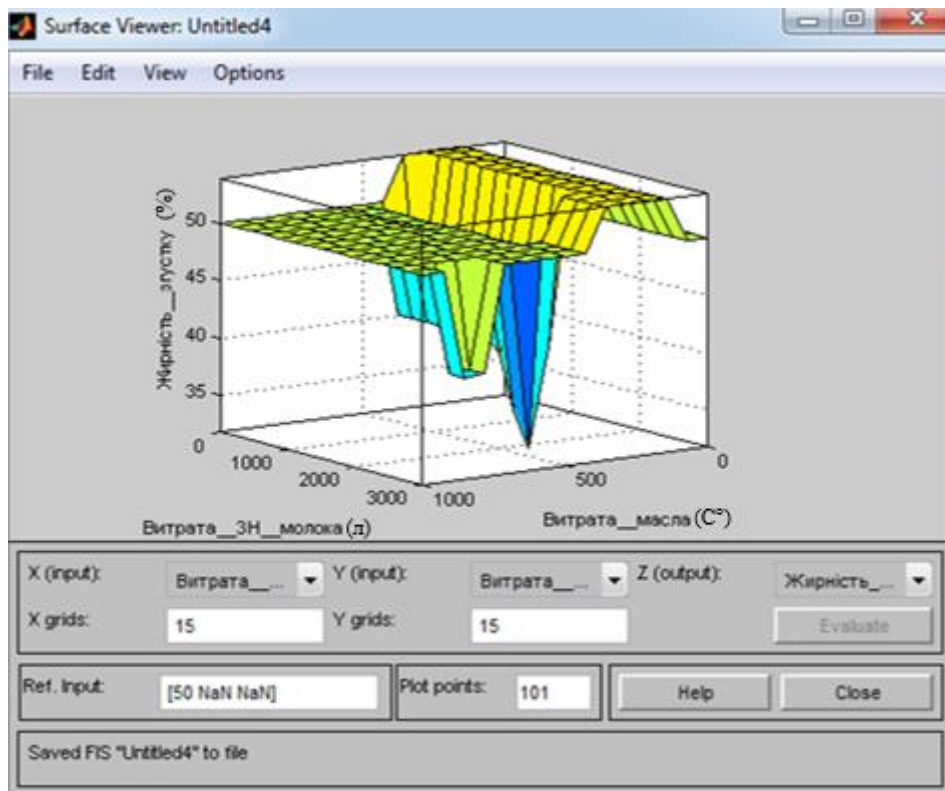


Рисунок 3.4.6. – Вікно відображення жирності від зміни витрати компонентів та витрати маргарину на повернення.

3.4.3. Побудова нечіткого регулятора

Система, яку синтезуємо, повинна відповідати таким критеріям: не більше 5% перерегулювання, час перехідного процесу 20 секунд, не більше двох коливань до завершення часу перехідного процесу і точність встановлення помилки на рівні

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

1. Пропорційний регулятор (П).
2. Пропорційно-диференціальний регулятор (ПД).
3. Нечіткий регулятор, який використовує такі правила:

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

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

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

4. Нечіткий регулятор, який використовує правила:

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

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

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

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

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

Нище подано схему роботи пристрою з використанням Simulink на основі відношення (1). Система є замкненою з від'ємним зворотнім зв'язком. Для спрощення припускаємо, що на вхід подається величина, числово рівна бажаній якості у ємності. У зв'язку з цим коефіцієнт вимірювача (тахогенератора) вважаємо рівним 1

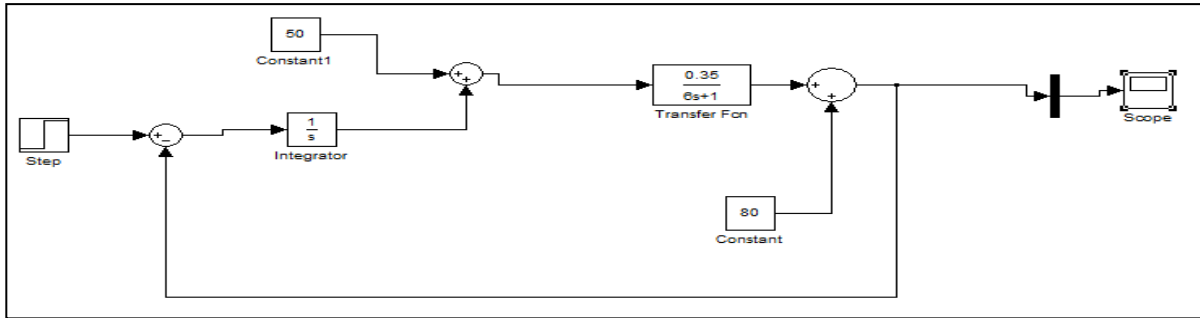


Рисунок 3.4.3.1. Схема ОУ з $K_p = 1$

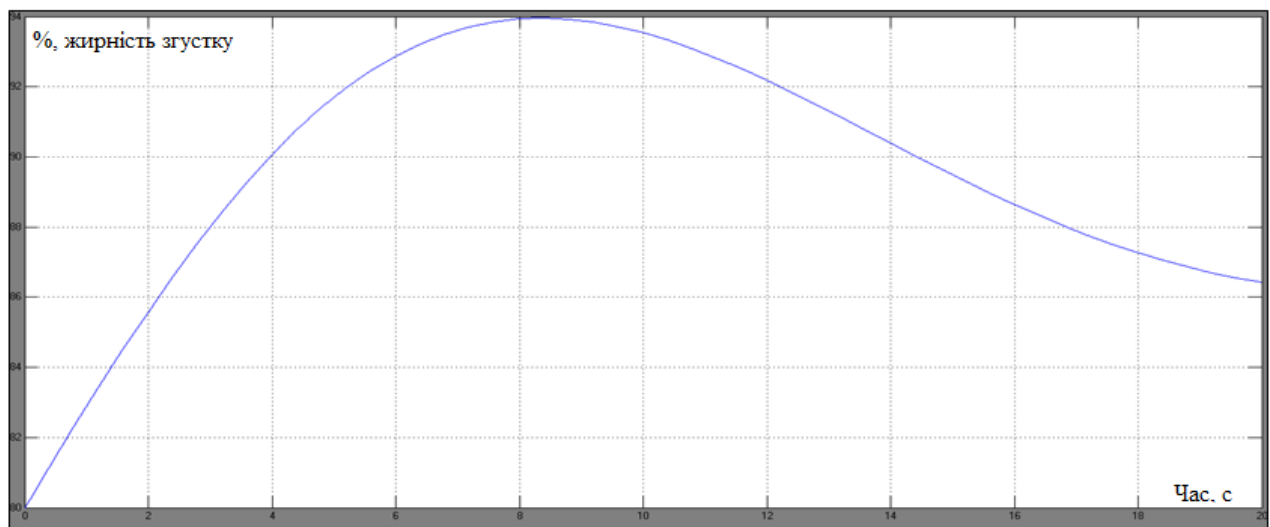


Рисунок 3.4.3.2. Зміна жирності в резервуарі ($K_p = 1$)

Тепер до системи вводим основний регулятор, що застосовує пропорційний принцип управління. Структура системи із П-регулятором представлена на рисунку 3.4.3.3.

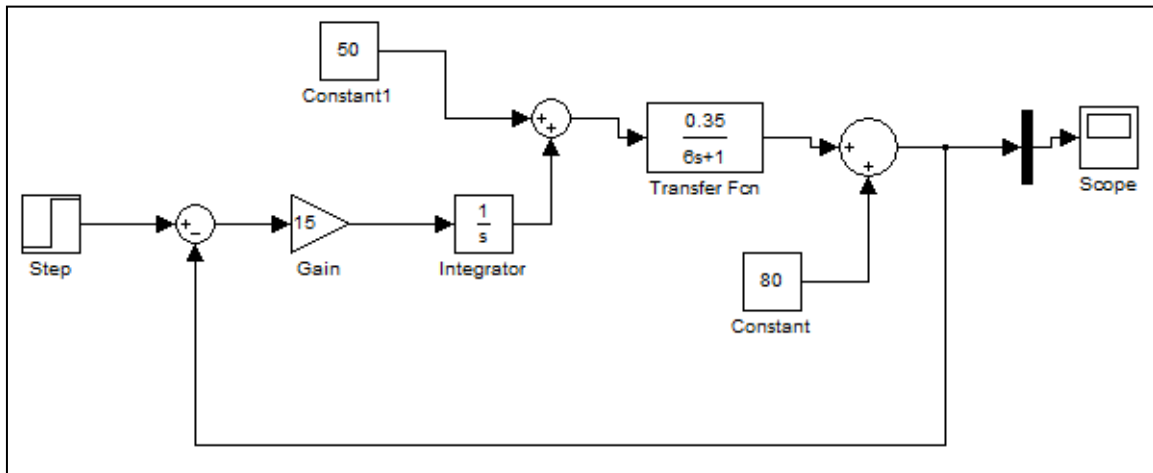


Рисунок 3.4.3.3. Схема ОУ з П-регулятором.

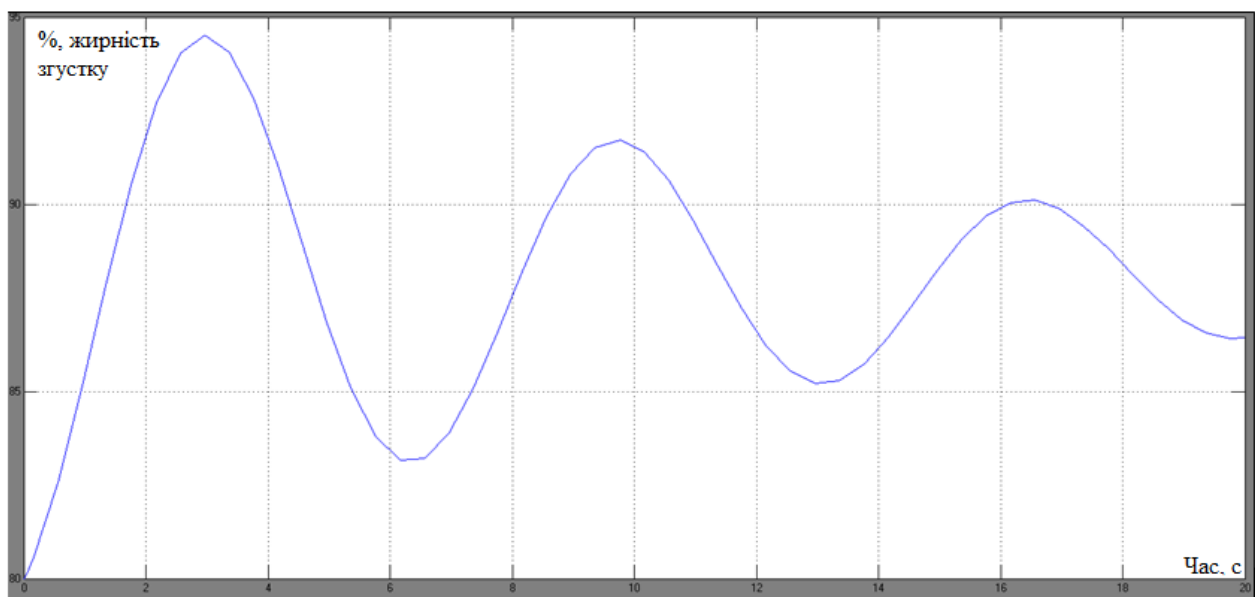


Рисунок 3.4.3.4. Зміна жирності в апараті з П-регулятором.

Зрозуміло, що маємо простий механізм управління через зміну коефіцієнта підсилення. На рисунку 3.4.3.5 видно динаміку процесу, і зміна коефіцієнта підсилення впливає лише на швидкість, але не на якість.

В рамках поставленої задачі можемо впливати лише на швидкість процесу, залишаючи його динаміку незмінною. За допомогою Р-регулятора ми не можемо досягти необхідної якості процесу.

Розглянемо, як система працює при додаванні PD-регулятора, тобто введенні, крім пропорційної, ще й диференційної ланки.

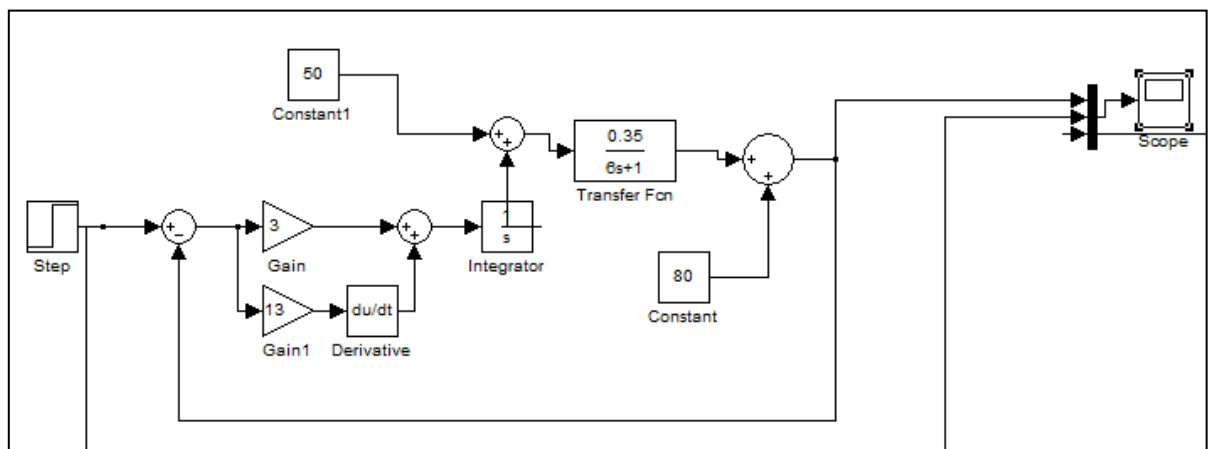


Рисунок 3.4.3.5. Схема ОУ з ПД-регулятором.

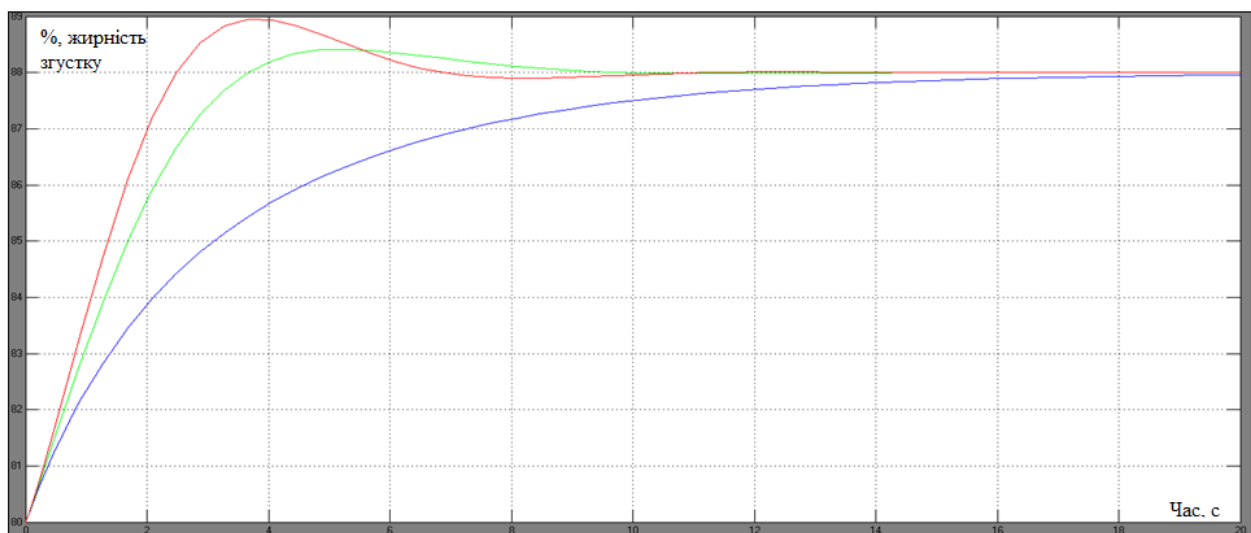


Рисунок 3.4.3.6. Зміна жирності в апараті при різних значеннях коефіцієнта пропорційності ПД-регулятора: $K_p = 12$ (ч), $K_p = 8$ (з), $K_p = 3$ (с) при $K_d = 12$.

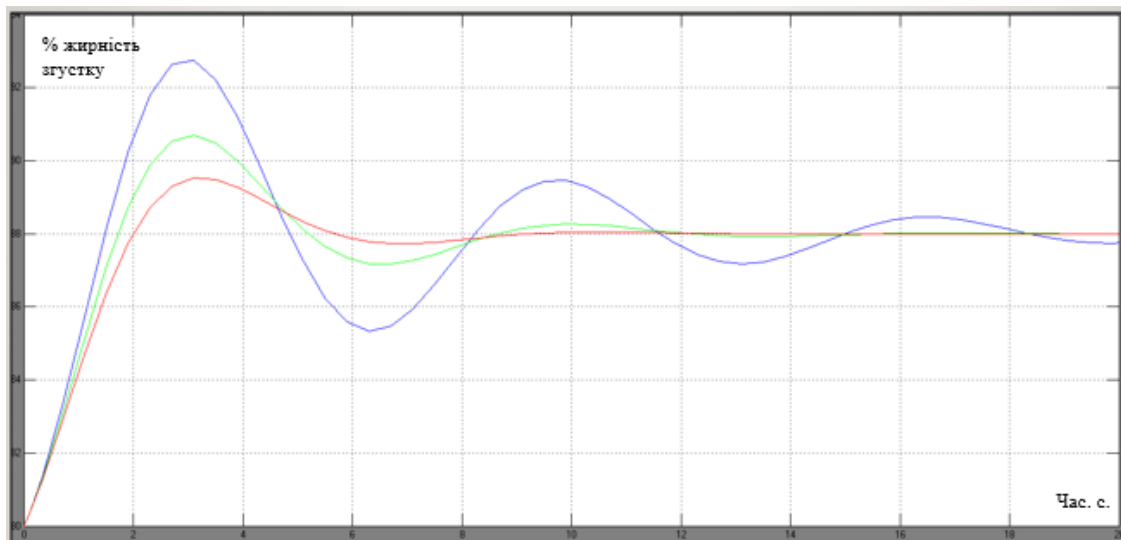


Рисунок 3.4.3.7. Зміна жирності в апараті при різних значеннях коефіцієнта диференціювання ПД-регулятора: $K_d = 3$ (с), $K_d = 8$ (з), $K_d = 12$ (ч) при $K_p = 15$.

Ми можемо відзначити, що природна властивість диференціювання спричинює зміну перерегулювання в прямій пропорції. Очевидно, налаштовуючи обидва коефіцієнти, можна досягти оптимального часу регулювання та плавного переходу.

Давайте перейдемо до створення нечітких регуляторів. Розглянемо побудову такого регулятора, де закон управління формується на основі трьох правил:

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

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

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

Отримуємо такий результат: якщо рівень рідини є "нормальним", то залишаємо клапан "незмінним"; в разі "низького" рівня клапан "відкривається швидко", а при "високому" рівні клапан "закривається швидко".

Модель нечіткого регулятора створена за допомогою Fuzzy Logic Toolbox.

Нечіткі поняття, вказані вище у лапках, в моделі виражені термінами лінгвістичних змінних, які взаємодіють із функціями належності.

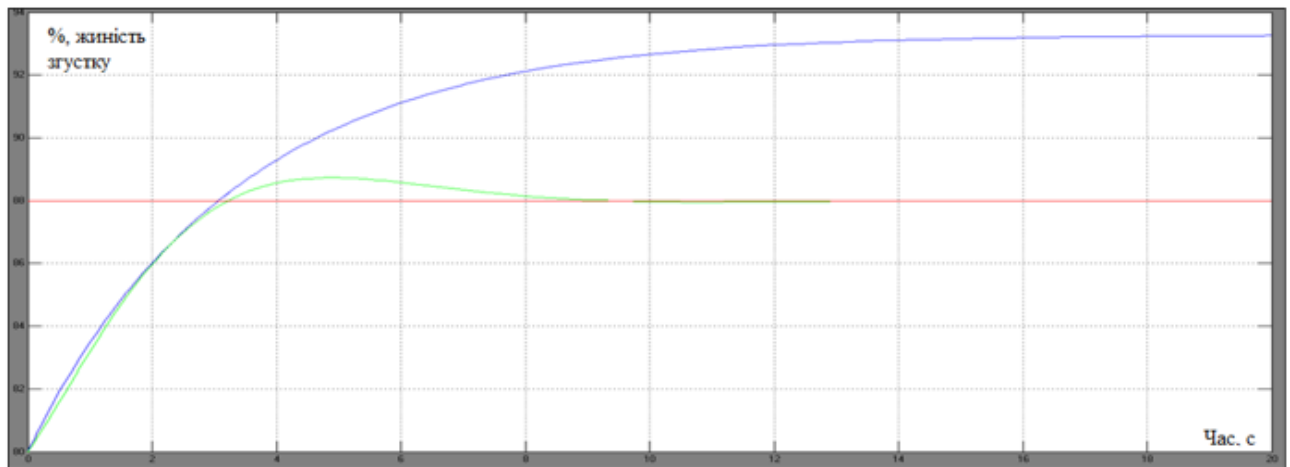


Рисунок 3.4.3.8. Зміна жирності в апараті в системі з нечітким регулятором. (зелений- завдання, червоний- ПД-регулятор, синій - нечіткий регулятор)

Внаслідок підбору функцій належності неможливо знайти задовільний процес, оскільки відсутня інформація щодо поведінки жирності в апараті. Ми приходимо до висновку про необхідність введення інформації про знак похідної як вхідного параметра для регулятора.

Це буде враховано у регуляторі за допомогою п'яти нечітких правил щодо знаку похідної.

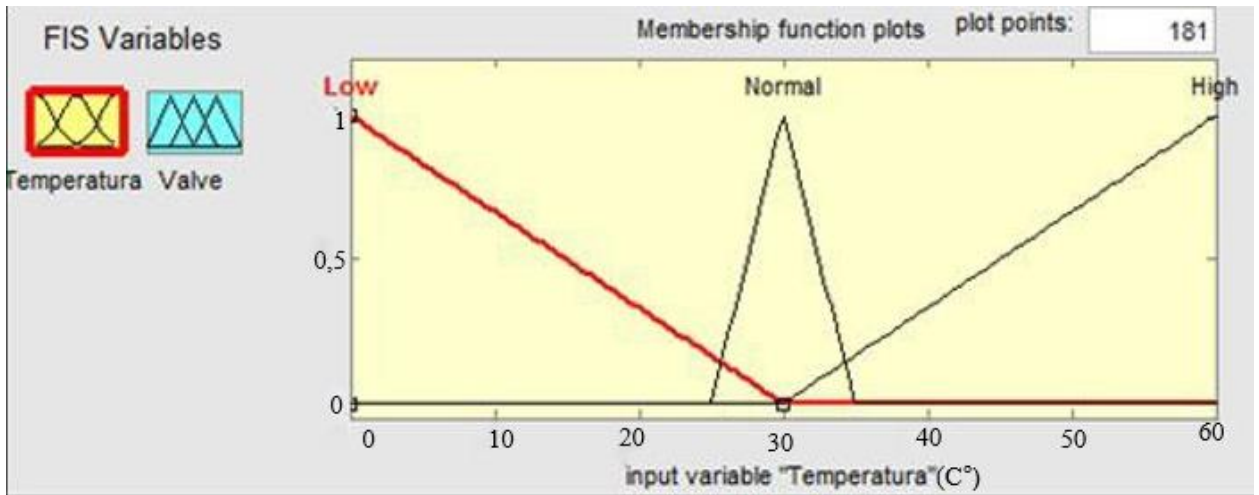


Рисунок 3.4.3.9. Функції належності для термів вхідної змінної жирність

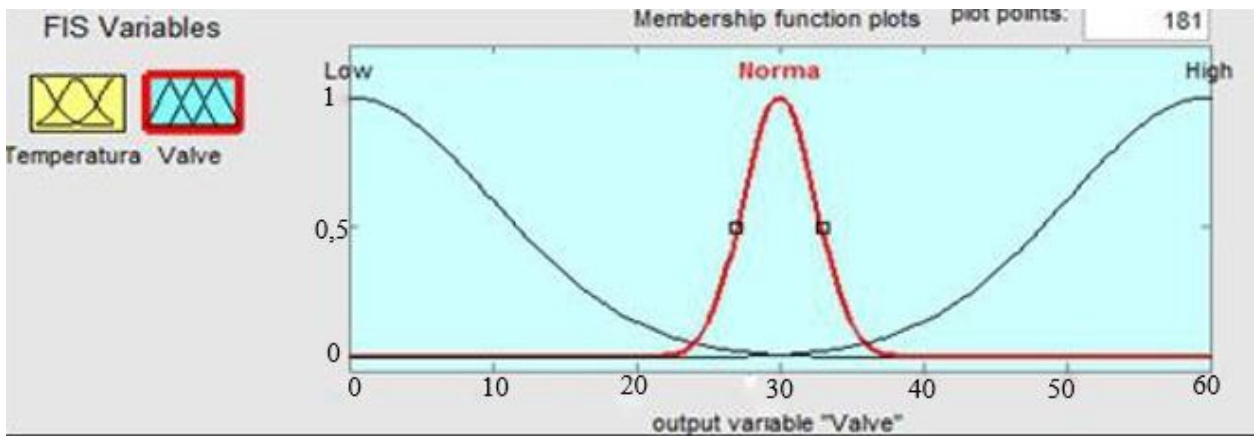


Рисунок 3.4.3.10. Функції належності для термів вихідної змінної Valve.

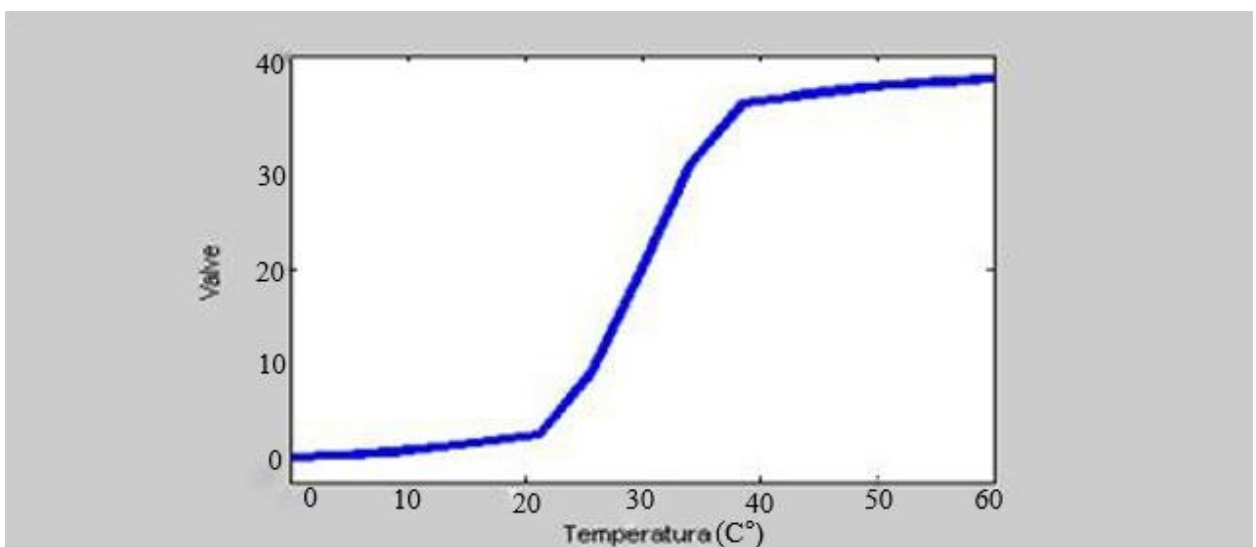


Рисунок 3.4.3.11. Поверхня відгуку для нечіткого регулятора (3 правила).

Ми отримуємо аналогічну залежність до вже наведеної, оскільки закон управління регулятора подібний до пропорційного. Тепер ми побудуємо вдосконалений нечіткий регулятор на основі п'яти правил наступного вигляду:

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

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

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

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

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

Тут ми додаємо ще два правила до попередніх трьох, які враховують знак похідної, для того щоб плавно відслідковувати тенденції зміни рівня рідини на «нормальному» рівні.

Така модифікація призводить до невеликого виграшу в часі моделювання, як можна побачити на наведених нижче графіках. Тепер нечіткий регулятор має дві вхідні змінні: одна залишається для рівня рідини, а інша враховує знак похідної.

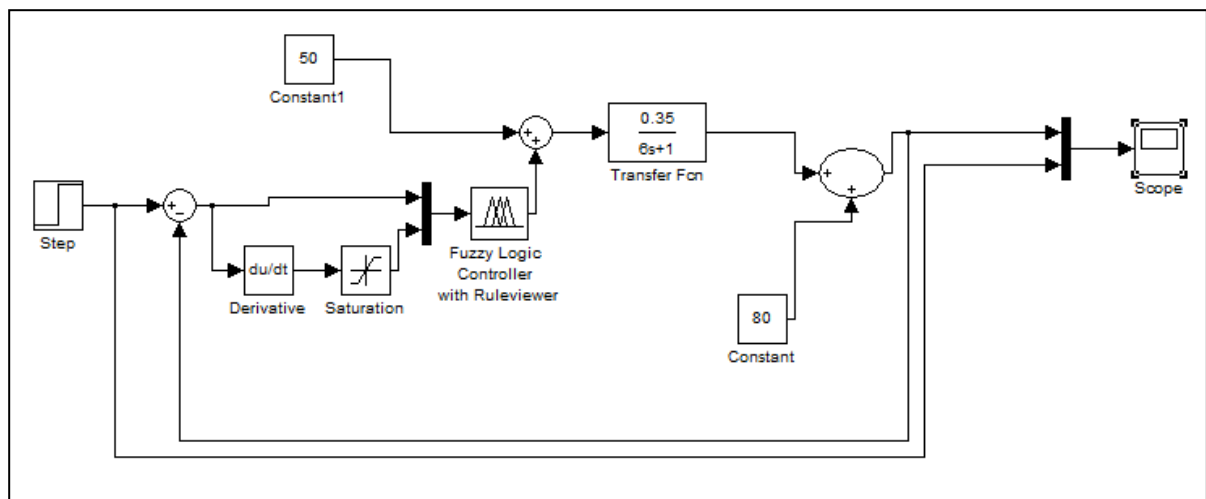


Рисунок 3.4.3.12. Схема ОУ з нечітким регулятором (5 правил).

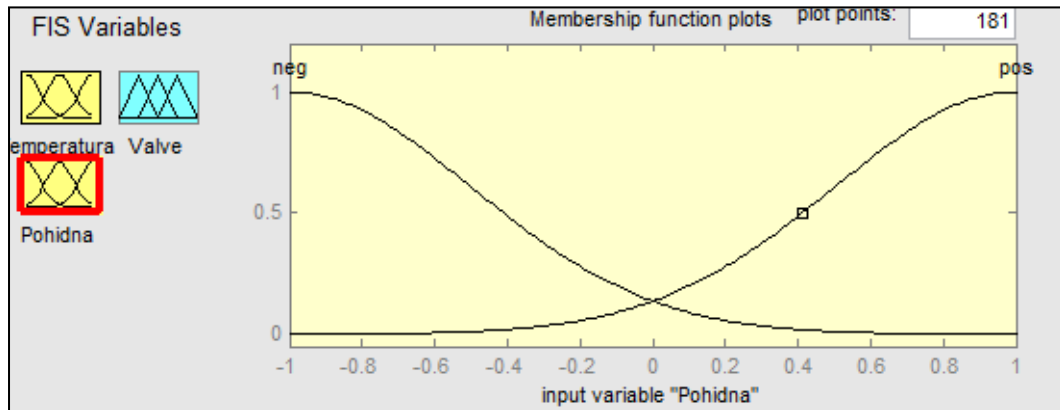


Рисунок 3.4.3.13. Функції належності для термів вхідної змінної Похідна

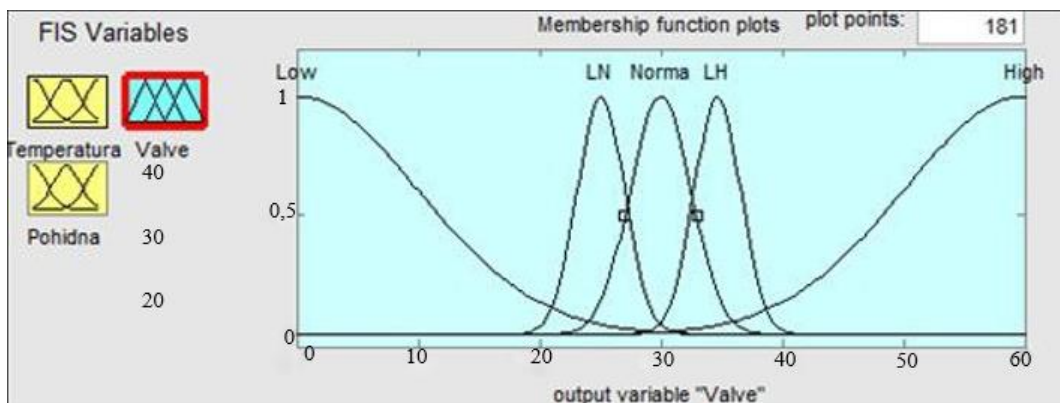


Рисунок 3.4.3.14. Функції приналежності для термів вихідної змінної

Valve

Як видно, ми вводимо ще дві функції для вихідної змінної, які відповідають меншій швидкості відкриття (закривання) клапана. Функції належності для вхідної змінної, що описує жирність в апараті, були значно змінені порівняно з аналогічними у регуляторі для трьох правил.

З допомогою відповідного підбору типів і форм функцій належності нам вдалося досягти як нормальної якості процесів без значного перерегулювання, так і прийнятної точності.

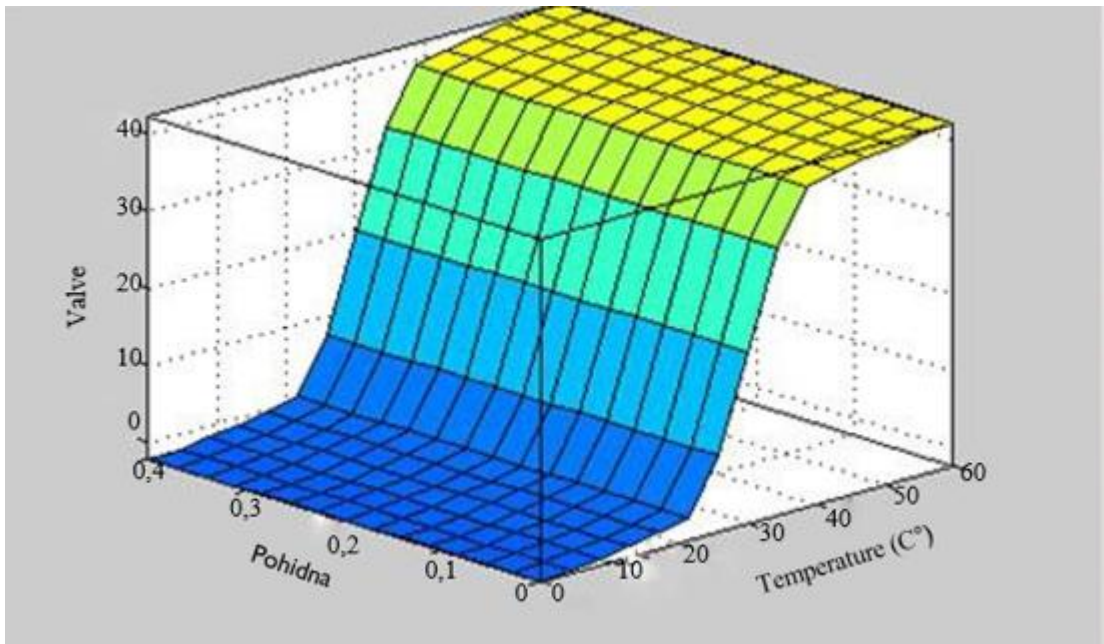


Рисунок 3.4.3.15. Поверхня відгуку для нечіткого регулятора (5 правил).

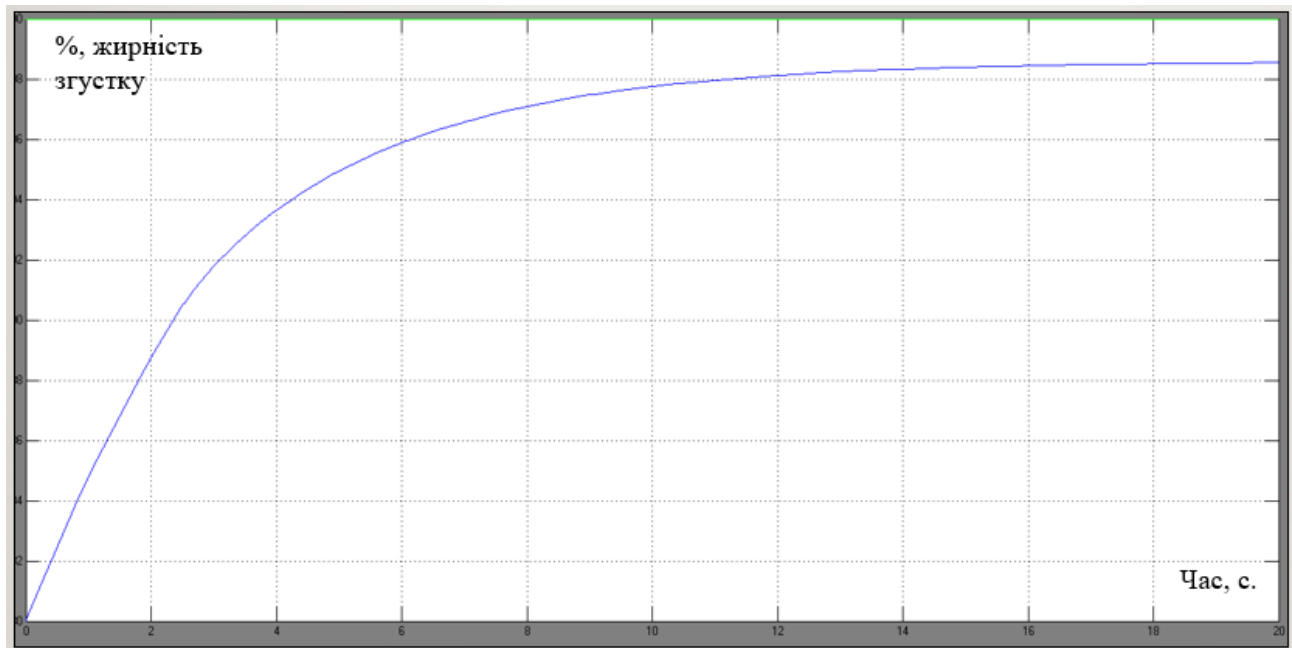


Рисунок 3.4.3.16. Зміна жирності в апараті для закваски

3.4.4. Створення інтелектуальної підсистеми на основі нейро-нечітких мереж

Використання нейро-нечітких мереж дозволяє автоматизувати процес створення моделі знань – бази знань інтелектуальної системи. Ця база знань може в подальшому використовуватися як основа для управління або як джерело інформації для виявлення основних факторів впливу вхідних показників на вихідні результати функціонування технологічного процесу.

Отримані продукційні правила, у яких ключовими елементами є нечітка логіка та функції належності, становлять необхідну складову інтелектуальної технології. Ці правила дозволяють зручно висловлювати параметричні зв'язки між входами та виходами.

Крім того, модель є адаптивною і дозволяє використовувати аналітичні методи для зміни параметрів моделі (зокрема, параметрів функцій належності) з метою досягнення максимальної адекватності досліджуваному процесу.

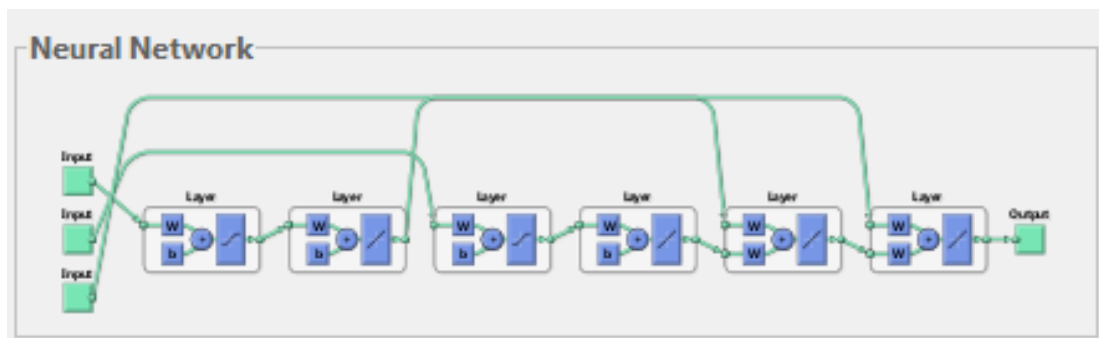


Рисунок 3.4.4.1. Структура нейро-нечіткої мережі

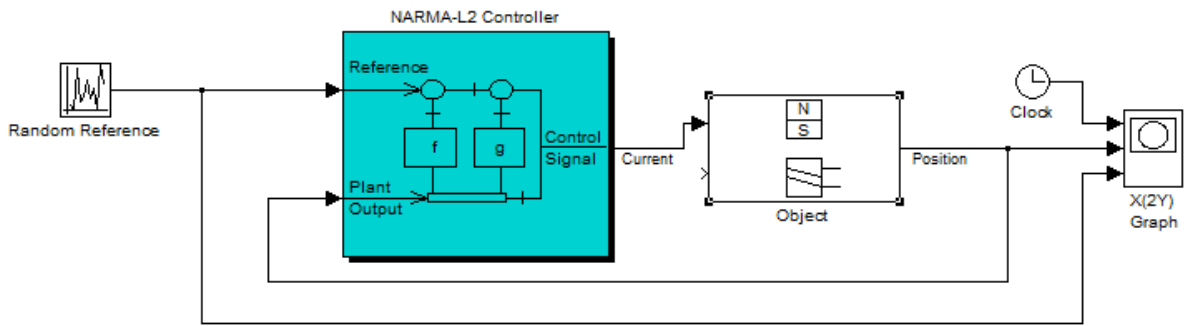


Рисунок 3.4.4.2. Узагальнена архітектура нейро-нечіткої системи з підсистемою управління жирності згустку в заквашувальнику.

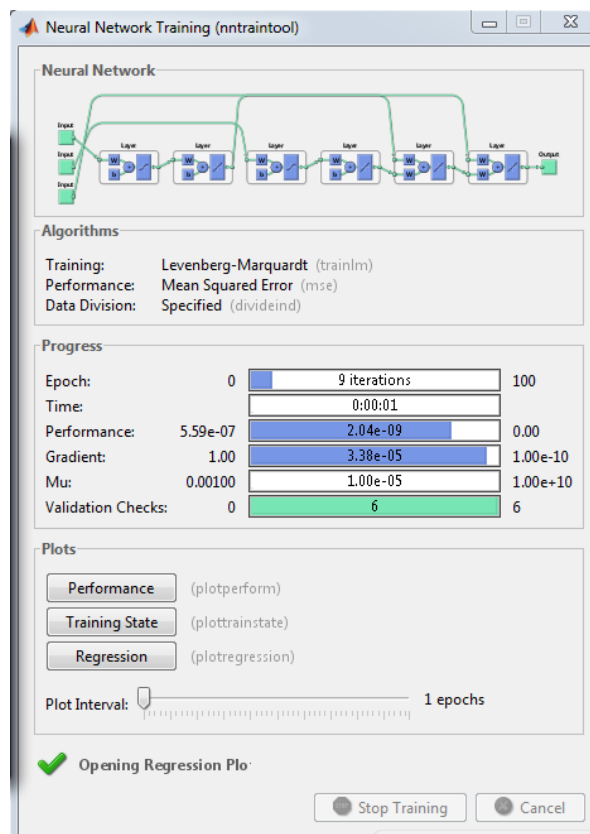


Рисунок 3.4.4.3. Зміна похибки навчання ННМ

Після проходження навчання неймережі ми отримуємо графічне відображення відгуку бази знань. Наприклад, на рисунках 3.4.4.4. і 3.4.4.5. представлені поверхні відгуків неймережі для заквашувальника маргаринового виробництва.

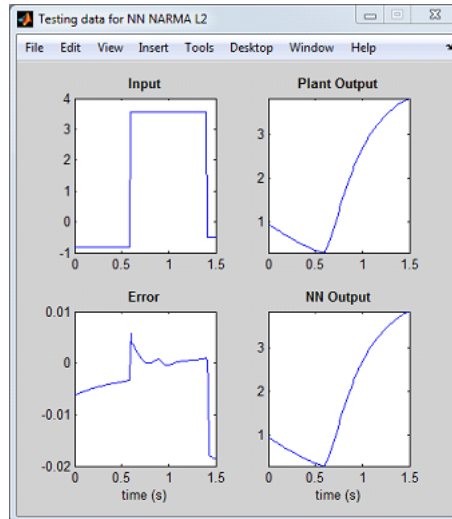


Рисунок 3.4.4.4. Залежність витрати компонентів від температури в заквашувальнику та витрати маргарину на повернення

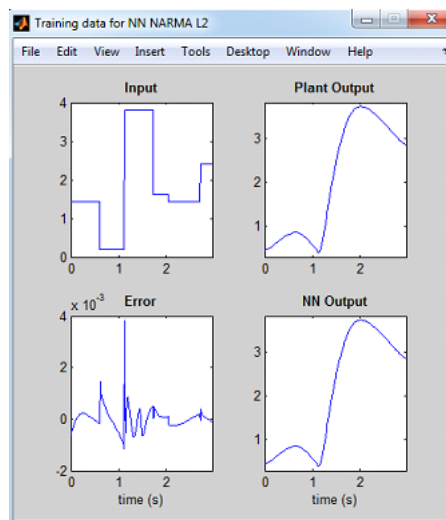


Рисунок 3.4.4.5. Залежність витрати маргарину на повернення від температури в заквашувальнику та витрати компонентів

Розділ 4. - Інтелектуальна підсистема підтримки прийняття рішень

Термін "Системи підтримки прийняття рішень" (СППР) є складовою частиною різноманітних автоматизованих інформаційних систем (АІС). Поняття "автоматизовані інформаційні системи" охоплює різні типи інформаційних систем, таких як офісні автоматизовані системи, системи обробки трансакцій, інформаційні системи управління та системи підтримки управління. Останні включають в себе СППР, експертні системи та управлінські інформаційні системи.

Необхідно врахувати, що на даний момент не існує єдиного узагальненого визначення для систем підтримки прийняття рішень (СППР). Деякі автори описують СППР як "інтерактивну прикладну систему, що забезпечує кінцевим користувачам, які приймають рішення, простий і зручний доступ до даних і моделей для прийняття рішень у напівструктурованих і неструктурованих ситуаціях різних сфер людської діяльності".

"Система підтримки прийняття рішень (СППР) є інформаційною системою, розробленою для надання підтримки різноманітним видам діяльності під час процесу прийняття рішень в обставинах, де застосування автоматизованої системи, яка виконує весь процес прийняття рішень, не можливе або необґрунтоване."

Мета СППР. Зазвичай їх використовують менеджери або кваліфіковані спеціалісти, наприклад, фінансові планувальники. Основною складовою системи є програмне забезпечення інтерфейсу (так званий діалог), що спрощує користування системою. У системі включені моделі для аналізу даних, які супроводжують або підтримують процес аналізу.

Для досягнення управлінських цілей слід спочатку звернути увагу на два основні типи СППР: корпоративні та настільні (desktop). Корпоративні СППР взаємодіють з обширними сховищами даних та використовуються численними менеджерами в різних компаніях.

Настільні СППР, призначені для індивідуального користувача, є компактними системами, розміщеними на персональних комп'ютерах менеджерів.

У початку 1970-х років вчені, що займалися автоматизованими інформаційними системами (АІС), почали усвідомлювати важливу роль інформаційних систем у підтримці керівного персоналу в проведенні структурованих і неструктурованих дій при прийнятті рішень. Зазначалося, що головною функцією інформаційних систем є підтримка процесу прийняття рішень, і напрямок розвитку інформаційних систем повинен зміщуватися від структурованих рішень до неструктурованих. Процес прийняття рішень є неверним і має значущі наслідки для всієї організації, і його важливість не можна недооцінити. Прийняття рішень фактично є еквівалентом управлінській діяльності.

Розвиток систем підтримки прийняття рішень

Після появи на початку 1940-х років і повного впровадження в практику перших універсальних електронно-обчислювальних машин методи обробки даних відчутно прогресували. У кінці 1950-х років багато організацій почали використовувати системи обробки транзакцій (COT) або системи електронної обробки даних (СЕОД) (Electronic Data Processing, EDP), щоб автоматизувати вирішення поточних завдань, таких як складання платіжних відомостей, облік товарів і видача рахунків.

У 1960-х роках відбулося виникнення управлінських інформаційних систем (УІС) та розвиток систем управління базами даних, спроектованих для збору, організації, зберігання і пошуку інформації. УІС були створені з метою ефективного отримання інформації для управління, обробляли великі обсяги даних щодо транзакцій, надавали можливість інтерактивних запитань користувачів, об'єднання даних та формування зведених підсумків.

Введення простих моделей і статистичних методів до управлінських інформаційних систем дозволяє автоматизованим системам пропонувати різноманітні варіанти структурованих рішень.

Починаючи з 1970-х років, розробка Систем Підтримки Прийняття Рішень (СППР) стала суттєвою складовою Інформаційних Систем Штучного Інтелекту. У 1980-х роках відбулася нова хвиля інформаційних технологій, і з'явилися експертні системи (ЕС) - один із видів систем штучного інтелекту, призначених для емуляції прийняття рішень людьми або ітеративної консолідації знань в обмежених областях.

У середині 1980-х років ключовим засобом інформаційного обслуговування керівного персоналу стали управлінські інформаційні системи. УІС забезпечують своєчасну та надзвичайно важливу інформацію, яка передбачено заздалегідь, відфільтрована і узагальнена, для забезпечення контролю та управління.

Останнім досягненням у галузі Штучного Інтелекту є впровадження штучних нейронних мереж (ШНМ). Нейронні мережі є системами, що моделюють функції людського мозку в сфері штучного інтелекту.

Мета штучних нейронних мереж полягає у формуванні знань за допомогою паралельної обробки, яка аналогічна процесам, що відбуваються в людському мозку. Вони спрямовані на розпізнавання образів, ґрунтуючись на накопиченому досвіді, та ефективного відновлення великих обсягів даних.

Значна частина управлінських викликів вимагає аналізу якісних і кількісних даних. Управлінські інформаційні системи (УІС) орієнтовані на вирішення організаційних завдань, переважно з кількісною орієнтацією. Інші типи систем штучного інтелекту (СІ), наприклад, Системи Підтримки Прийняття Рішень (СППР), забезпечують УІС інформацією, яка обробляється відповідно до моделей прийняття рішень.

Система підтримки прийняття рішень (СППР) може бути описана як автоматизована інтерактивна система, спрямована на співпрацю між людиною та машиною, з метою підтримки прийняття рішень, і вона:

1. забезпечує підтримку осіб, що приймають рішення, але не замінює їх.
2. застосовує інформацію та моделі.
3. вирішує завдання різної структурованості:
 - не впорядковані (з некоректною структурою);
 - напівструктуровані;
 - напівструктуровані і неструктуровані.
4. Акцентує увагу на ефективності процесу прийняття рішень, а не лише на продуктивності (інтелектуальна підтримка прийняття рішень).

Характеристики сучасних СППР

Різноманіття визначень систем підтримки прийняття рішень відображає широкий спектр форм, розмірів та типів СППР. Проте практично всі ці комп'ютерні системи мають чітку структуру, що включає три основні компоненти:

1. систему взаємодії з користувачем;
2. систему управління базою даних
3. систему управління базою моделей (рисунку 3.4.5.1.)

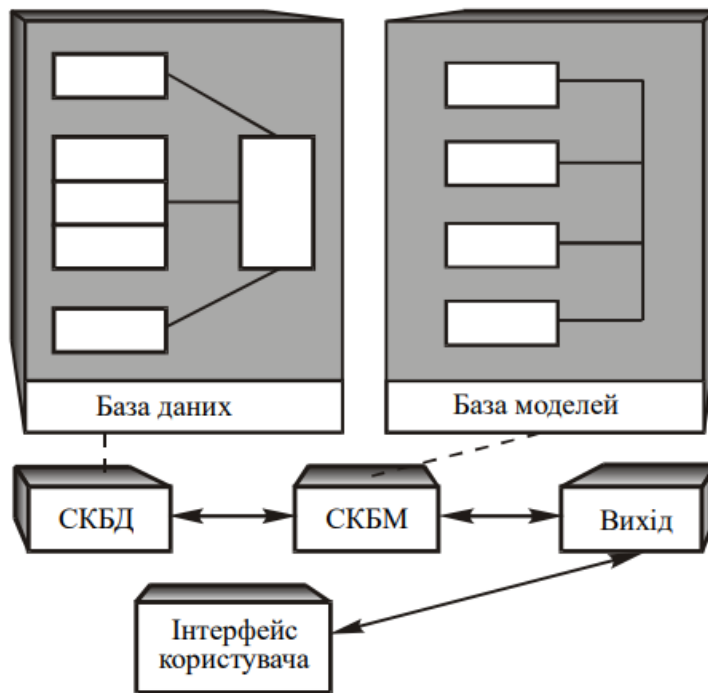


Рисунок 3.4.5.1. Класична структура СППР: СКБД — система керування базою даних; СКБМ — система керування базою моделей

Ці три компоненти становлять основу традиційної структури СППР.

З останнім розвитком глобальної мережі Інтернет, корпоративних (Інтранет) та міжорганізаційних (Ентернет) мереж, в СППР додається новий компонент - система управління повідомленнями (комунікацією або зв'язком)

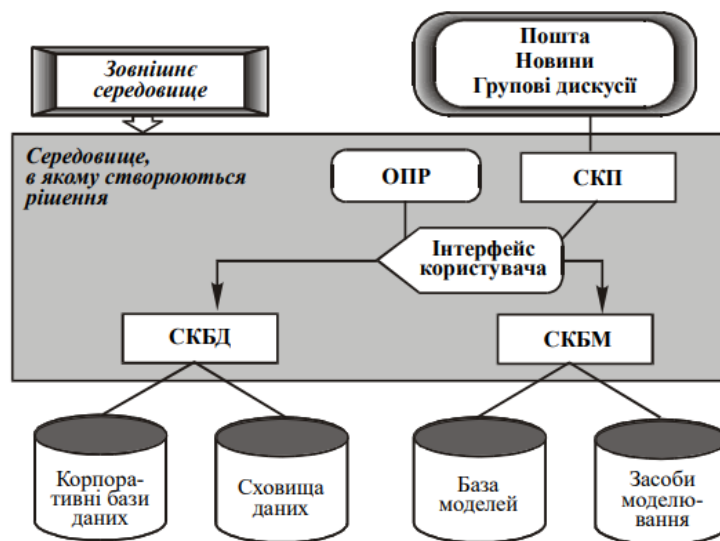


Рисунок 3.4.5.2. Сучасна структура системи підтримки прийняття рішень

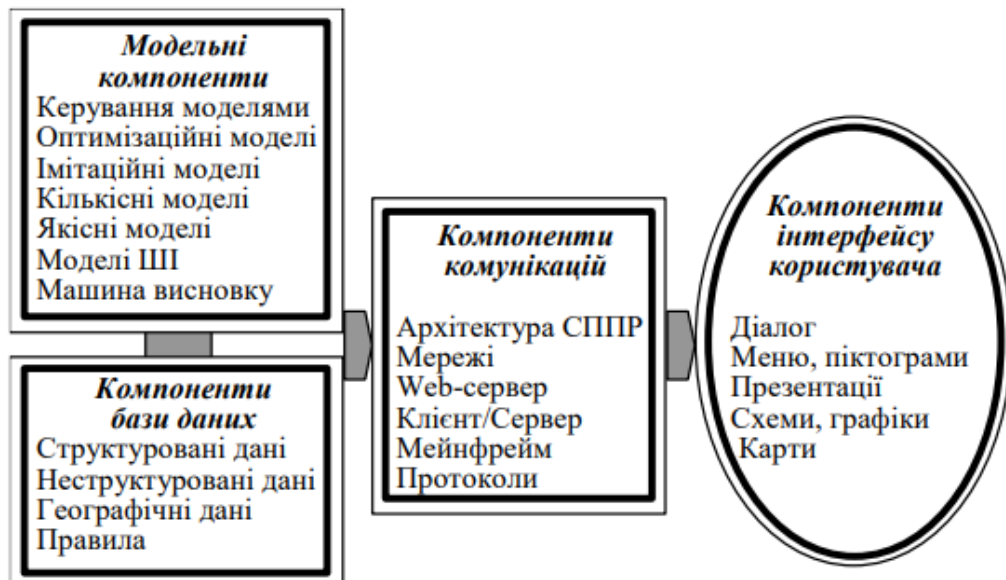


Рисунок 3.4.5.3. Компоненти підсистем СППР

Архітектура систем підтримки прийняття рішень

Система підтримки прийняття рішень (СППР) складається з двох основних компонентів - людей, що приймають рішення, та комп'ютерної системи. Розглядати СППР виключно з точки зору апаратного та програмного забезпечення є поширеною помилкою.

Неструктуровані (або напівструктуровані) рішення, за своєю природою, не можуть бути повністю програмовані, оскільки вони виявляють складність та непередбачуваність. Одним із завдань особи, що приймає рішення в якості складової СППР, є введення своїх думок, можливо, інтуїтивних, протягом усього процесу прийняття рішень, а не лише введення даних у базу.

Допустимо, що перед керівником стоїть завдання розробити стратегічний план виробництва на наступні п'ять років. У цьому контексті першим кроком в процесі прийняття рішень є створення моделі, використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення для прийняття рішень, таке як Microsoft Excel, Microsoft Project або Interactive Financial Planning Systems (IFPS)/Personal.

Підсистема інтерфейсу користувача відкриває доступ до системи керування базою даних і системи керування базою моделей (СУБМ).

Система управління базами даних (СУБД) — це набір комп'ютерних програм, які дозволяють користувачеві створювати файли бази даних. Після введення цих файлів у систему підтримки прийняття рішень (СППР), користувач може створювати моделі, призначені для обробки зазначених даних. Процес включає створення моделей та відповідних файлів бази даних з метою прийняття конкретних рішень. Створені моделі і файли даних зберігаються в базі моделей і базі даних на пристроях прямого доступу, таких як жорсткі диски.

З позиції користувача, єдиним елементом системи підтримки прийняття рішень (СППР), що вимагає взаємодії, є підсистема інтерфейсу, призначена для користувача.

Більшість генераторів систем підтримки прийняття рішень (СППР) пропонують різноманітні опції для взаємодії з користувачем. Наприклад, IFPS/Personal дає можливість вибрати діалогову систему у вигляді меню або мови команд, що вводяться безпосередньо в командному рядку. Зазвичай використовується інтерфейс у формі меню, оскільки він є найбільш гнучким.

Під час цього користувач обирає операцію із відображеного на екрані списку. Система інтерфейсу надає користувачу можливість доступу до:

1. Підсистеми даних:

- бази даних;
- програмне забезпечення для управління базою даних;

2. Підсистеми моделей:

- бази моделей,
- програмне забезпечення для управління базою моделей.

Процес прийняття рішень та його основні завдання.

Система підтримки прийняття рішень (СППР) відрізняється від управлінської інформаційної системи (УІС), оскільки її основний фокус спрямований на підвищення ефективності процесу прийняття рішень, а не на збільшення продуктивності. Однією з основних мет СППР є надання підтримки на всіх етапах цього процесу. Модель процесу прийняття рішень, описана Саймоном, включає три ключові фази: інтелектуальну, конструктивну та вибіркову.

Термін "підтримка" означає виконання різноманітних кроків та завдань на кожному етапі цього процесу прийняття рішень.

На етапі інтелектуального процесу значущу роль у визначенні завдань відіграє особа, яка приймає рішення. Формулювання завдань базується на "сирій" інформації та даних, отриманих з систем обробки транзакцій чи інформаційно-управлінських систем.

На етапі інтелектуального процесу особливо ефективними є два види систем:

- системи, які функціонують як "картотеки" та надають користувачеві обмежений доступ до певної частини інформації;
- системи обробки даних, які дозволяють вибирати та маніпулювати як поточними, так і архівними даними, а також виводити їх на екран монітора.

Складові системи підтримки прийняття рішень

СППР включають три основні області досліджень:

1. Створення спеціалізованих СППР. Протягом останніх двох десятиліть було розроблено приблизно 200 додаткових функціональних спеціалізованих СППР.

2. Розвиток теорії СППР:

- розвиток теорії, що відноситься до індивідів, які приймають рішення, аналізу даних, моделей та інтерфейсів (діалогів);
- розвиток теорії стосовно проектування, впровадження та оцінки.

3. Вивчення допоміжних дисциплін.

Перша напрямок досліджень зосереджується на архітектурі СППР, що визначена в контексті впливу Спрейга і Карлсона. Другий напрямок досліджень розглядає організаційні перспективи, які визначені впливом Кина та Скотт-та-Мортопа.

Підсистеми інтерфейсу користувача

Функції підсистеми інтерфейсу, призначеної для користувача (створення діалогів та управління ними), включають в себе наступні завдання:

- надати користувачеві можливість створювати, оновлювати та видаляти файли бази даних і моделей прийняття рішень за допомогою системи управління базою даних і системи управління базою моделей;
- Забезпечити користувача різноманітними форматами введення та виведення, включаючи багатовимірні та графічні формати даних;
- Забезпечити різноманітні стилі діалогів для користувача, такі як графічний інтерфейс користувача (GUI), меню та безпосередньо командна мова.

Підсистеми інтерфейсу користувача охоплюють дві широкі сфери досліджень: аналіз форматів графічного представлення інформації (таких як таблиці чи графіки) і вивчення індивідуальних особливостей.

У другому випадку вивчаються аспекти того, як оптимально спроектувати інформаційну систему для забезпечення ефективного використання різними особами із різними психологічними особливостями. Також досліджується, як система може представляти інформацію з урахуванням психологічних настанов користувачів, уникнувши потреби різних осіб адаптуватися до єдиного стандарту відображення інформації.

Ще однією динамічно розвиваючоюся галуззю в сфері Систем Підтримки Прийняття Рішень (СППР) є системи, що використовують знання (СППРБЗ). Ці гібридні системи поєднують в собі елементи СППР та Експертних Систем (ЕС) і сприяють вирішенню різних завдань організації.

У сфері інтеграції СППР та ЕС виділяють два основні підходи: Експертні Системи Підтримки (ЕСП) та Інтелектуальні Системи Підтримки (ІСП). Основні відмінності між цими системами полягають у наступному.

Експертні системи підтримки (ЕСП) створені з метою заміщення роль живого експерта машинним експертом, тоді як завдання Інтелектуальних Систем Підтримки (ІСП) полягає в наданні підтримки знань окремим користувачам і групам. Розв'язання широкого спектру управлінських задач реального світу стає ефективнішим, використовуючи як кількісні, так і якісні дані. Малоймовірно знайти особу, яка заперечує той факт, що інтеграція Систем Підтримки Прийняття Рішень (СППР) та Експертних Систем (ЕС) приносить значний вигравш.

Інтегрована система (ЕСП або ІСП) може надавати підтримку особам, що приймають рішення, за допомогою знань і досвіду визначених лідерів в організації.

Однією з ключових труднощів при розробці систем, які базуються на знаннях, наприклад, ЕСП, є завдання набуття знань, включеного в інжиніринг знань. Цей процес включає у себе представлення знань, їх перевірку, механізми логічного виведення, пояснення і управління.

Сучасні СППР відзначаються наступними особливостями:

- надає підтримку керівникові під час ухвалення рішень і забезпечує допомогу в різноманітних ситуаціях. Опинена людська думка та інформація, що формується комп'ютерною системою, взаємодіють як єдина сутність для процесу прийняття рішень.
- зберігає та підсилює (без змін та відміни) розсудок та оцінку керівника. Контроль залишається у руках людини. Користувач відчуває себе зручно та знаходиться в системі, як удома.
- підвищує результативність прийняття рішень. У відміну від адміністративних систем, які акцентують увагу на аналітичному процесі, у СППР більше уваги приділяється ефективності самого процесу прийняття рішень.
- зручна для користувачів із досвідом в роботі з електронними обчислювальними системами.
- зорієнтована на гнучкість і адаптивність для пристосування до змін середовища або підходів до вирішення завдань, які обирає користувач. Керівник повинен самостійно адаптуватися до змінюючихся умов і відповідно готувати систему.
- не має вимагати від користувача певного сценарію процесу прийняття рішень.

Користувач має можливість обирати опції та їх послідовність у відповідності до його стилю сприйняття інформації - стилю "представлених моделей".

Майбутнє систем підтримки прийняття рішень

Нові інструменти та технології відкривають широкі перспективи для розвитку Систем Підтримки Прийняття Рішень (СППР) та Експертних Систем Підтримки (ЕСП), змінюючи їхні форми і розширюючи можливості.

Серед цих новацій велике значення приділяється досягненням у сфері технічного обладнання та математичних методів, які використовуються в програмному забезпеченні. Також важливими компонентами є методи штучного інтелекту, технології зберігання даних та багатовимірні бази даних, системи інтелектуального аналізу даних, оперативна аналітична обробка (OLAP), інтелектуальні агенти, а також такі технології, як World Wide Web, Інтернет і мережі.

Сфери застосування і приклади використання СППР

Системи підтримки ухвалення рішень (СПУР) знаходять широке застосування в економіках передових націй, і їх популярність продовжує зростати. На стратегічному рівні управління використовують різноманітні СПУР для планування на тривалий, середній та короткий термін, а також для фінансового планування, включаючи системи розподілу капіталовкладень.

Системи підтримки прийняття рішень, спрямовані на управління операціями, використовуються в різних сферах, таких як маркетинг (прогнозування та аналіз збуту, дослідження ринку та цін), у наукових та конструкторських роботах, а також у кадровому управлінні. Їх застосування в операційно-інформаційній галузі пов'язане з виробництвом, закупівлею і обліком товарно-матеріальних запасів, їх фізичним розподілом та обліком в бухгалтерії.

Системи підтримки загального призначення можуть включати в себе дві чи більше з вищезазначених функцій. У Сполучених Штатах було проведено аналіз 131 різновиду СППР у 1984 році, що призвело до ідентифікації пріоритетних областей їх використання.

До них належать такі:

- виробничий сектор;
- гірничорудне виробництво;
- будівництво;
- транспорт;
- використання СППР для надання комп'ютерної підтримки різних функцій відбувається за таким розподілом;
- управління операціями займає 30% обсягу управлінських функцій.
- управління на довгий термін становить 40% загального обсягу управлінських функцій.
- розподіл ресурсів складає 15% від загального обсягу управлінських функцій
- обчислення річного бюджету становить 12% від сукупного обсягу управлінських завдань.

Визначення найвідоміших "комерційних" систем підтримки прийняття рішень охоплює сотні найменувань.

Наводимо перелік найбільш типових систем підтримки прийняття рішень, що відносяться до аспектів мікро- і макроекономіки:

- симплан призначений для стратегічного планування в корпоративному середовищі.
- прожектор використовується для розробки фінансових планів.
- доки-план призначена для узагальненого планування.
- система "Експрес" призначена для використання в області маркетингу та фінансів.
- PMS-керівництво цінними паперами;
- CIS-планування продукції;
- BIS-керування бюджетом;
- IFPS-інтерактивного фінансового планування;
- FOCUS призначений для моделювання фінансових процесів.

Системи підтримки прийняття рішень, які ґрунтуються на знаннях (інтелектуальні СППР)

Для забезпечення інтелектуальної підтримки користувача все більше систем включають у себе знання про конкретні області, моделі і системи аналізу. Модулі бази знань використовуються при постановці задачі, у моделях прийняття рішень і для аналізу та інтерпретації отриманих результатів.

У певних системах модулі бази знань можуть повністю замінювати людський фактор у процесі розгляду. Управлінські розгляди використовуються для оцінки рівня невизначеності, на якому можуть ґрунтуватися моделі прийняття рішень. Деякі ситуації вимагають як знань, так і даних. Це призводить до необхідності вкладення значних зусиль у використання та інтерпретацію об'ємних наборів даних.

Машинне навчання - це комплекс обчислювальних методів і інструментів для тренування системи на основі досвіду (враховуючи попередні рішення), даних і спостережень, що впливають на її поведінку. Процес навчання системи супроводжується модифікацією збережених знань.

Серед найцікавіших методів, що застосовуються в машинному навчанні, можна виділити штучні нейронні мережі і генетичні алгоритми.

Висновок. Система підтримки прийняття рішень є взаємодіючою комп'ютеризованою системою, спрямованою на надання допомоги менеджерам у процесі ухвалення рішень.

СППР допомагає менеджерам знаходити, обчислювати та аналізувати дані, необхідні для ухвалення ефективних рішень.

ВИСНОВОК

У рамках даного проекту було розроблено нечітку систему логічного висновку для управління резервуаром, який використовується для приготування маргаринової емульсії з заданою концентрацією жиру. Основні етапи конструювання систем інтелектуального управління, заснованих на принципах нечіткої логіки. Під час аналізу процесу було встановлено наявність трьох входів та одного виходу з процесу.

Функція належності представляє собою ймовірнісну оцінку, яка відображає наближене узгодження числового діапазону з лінгвістичним поняттям. Для визначення функцій належності використовувалися такі терміни як "низька", "понижена", "нормальна", "підвищена" і "висока" для вхідних параметрів, а також для вихідних: "низька", "понижена", "нормальна", "підвищена" і "висока". У роботі використовується трапецевидна функція належності та алгоритм Мамдані, а процес приведення до чіткості виконується за допомогою центроїдного методу.

Встановлено лінгвістичну апроксимацію параметрів і розроблені правила для нечіткого висновку. Результати представлені у вигляді графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку та поверхонь відгуку.

Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів. – 2006. – №2(23). – С.48–52.
2. Автоматизація виробничих процесів: підручник для студ. ВНЗ / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, О. К. Дідик. – Кіровоград : Лисенко В.Ф., 2016. – 352 с
3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
4. Арутюнян Т.В. Технологія багатofункціональних стабілізаційних систем для маргаринової продукції на основі пророщених зерен злаків / Л.А. Данилова, Т.В. Арутюнян, М.О. Кирилова // Збірник матеріалів ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції ["Інформаційні технології. Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я"], 1-3 червня 2011 р., Харків: НТУ «ХП», 2011. – С. 280.
5. Арутюнян Т.В. Функціональні стабілізаційні системи для маргаринів / Л.А. Данилова, Т.В. Арутюнян // Збірник матеріалів ХХ Міжнародної науково-практичної конференції ["Інформаційні технології. Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я"], 15–17 травня 2012 р., Харків: НТУ «ХП», 2012. – С. 277.
6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. К. : Центр навчальної літератури, 2018. 108 с.
7. Баранов В. С., Технологія виробництва продукції громадського харчування, Економіка-М: 1999, 29-44с.
8. Вовк В. М. Оптимізаційні моделі ек.и : навч. посібник / В. М. Вовк, Л. М. Зомчак. – Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 318 с.

9. Вовк В. М. Моделювання інноваційного розвитку потенціалу економіко-виробничих систем : монографія / В. М. Вовк, В. Б. Антонів, Н. І. Камінська. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 388 с.
10. Гончаренко, Б. М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк. – К. : НУХТ, 2014. – 530 с.
11. Гладкий Ф.Ф. Хімія жирів: підручник. Харків: НТУ ХПІ, 2002. 452 с.
12. Гладкий Ф.Ф. Технологія модифікованих жирів. Харків: НТУ ХПІ, 2014. - 210 с.
13. ГОСТ Р 52178-2003 "Маргарини. Загальні технічні умови".
14. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І. Технологія харчових продуктів: підручник / за ред. д.т.н., проф. А.І.Українця.– К.: НУХТ, 2003.– 572 с
15. Демиденко М.А. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / М.А. Демиденко; Нац. гірн. ун-т. -- Електрон. текст. дані. - Д. : 2016. - 104 с. - Режим доступу: <http://nmu.org.ua>
16. Ельперін І.В. Промислові контролери: навч. посіб. / І.В.Ельперін — К.: НУХТ, 2003. — 320 с.
17. І.В. Іваноїча Менеджер- професійний прийняття рішень: навч. Пос. -К КНЕУ, 2001р- 400с.
18. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. посібник / Г. І. Подпратов, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. — К.: Мета, 2002. — 495 с.

19. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с
20. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем / Ю.П. Зайченко – К.: Видавничий дім «Слово», 2004. – 352 с.
21. Кишенько В.Д. Задачі технологічного моніторингу в системах керування виробничими процесами технологічних комплексів // Автоматизація виробничих процесів, 2006.- №2 (23) - С 48-52.
22. Коротиков, С. В. Застосування кольорових ієрархічних мереж Петрі для верифікації UML - діаграм на етапі аналізу вимог до системи дистанційного контролю та управління / С. В. Коротиков // Збірник наукових праць НДТУ. – 2007. – № 1(47). – С. 81–92.
23. Любецька М.О., Ярова Л.А. Структура ринку маргаринової продукції. Житомир, 2013р.
24. Ладанюк, А. П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А. П.Ладанюк, В. Г. Трегуб, І. В. Ельперін, В. Д. Цюцюра. - К.: Аграрна освіта, 2001, – 224 с.
25. Літнарівч, Р. М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу. Навчальний посібник / Р. М. Літнарівч. – Рівне: МЕНУ. – 2011. – 140 с.
26. Луцька Н.М. Сучасні технології проектування інтелектуальних систем керування [Електронний ресурс] конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-професійної програми «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» денної та заочної форм навчання / Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк К.: НУХТ, 2019. – 117 с.

27. Луцька, Н. М. Дослідження та синтез оптимальних регуляторів для систем автоматизації технологічних комплексів неперервного типу: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.07 / Луцька Наталія Миколаївна ; Нац. ун-т харч. технологій. – К., 2006. – 16 с.
28. Линьов К.О. Теорія і практика прийняття управлінських рішень / К.О. Линьов, А.С. Крупник / Навч. Посіб. – К. : Виданичий дім «ПРОСТІР», 2007. – 156 с.
29. Луцька, Н. М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: монографія / Н. М. Луцька, А. П. Ладанюк. – Київ: Видавництво Ліра-К. 2016. – 288 с.
30. Майборода, Р. Є. Аналіз даних за допомогою пакета R: Навчальний посібник / Р. Є. Майборода, О. В. Сугакова. – Київ: СамВидав, 2015. — 65 с.
31. 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
32. Методи сучасної теорії управління: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, В. Д. Кишенько, Н. М. Луцька, В. В. Іващук. — К., НУХТ, 2010.— 196 с.
33. 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.

34. Нестеренко О.В. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навч. посібн./ О.В. Нестеренко, О.І. Савенков, О.О. Фаловський. За ред. П.І. Бідюка. - Київ: Національна академія управління. - 2016. - 188 с.
35. Науково-практичні основи технології жирів та жирозамінників / О.П. Чумак, Ф.Ф. Гладкий Вид-во, Харків, 2006 -175с
36. Навч.-метод. посіб. "Системи підтримки прийняття рішень": [Електрон. ресурс]. - Режим доступу: <http://megalib.info/sistemi-pidtrimki-prijnyattyarishen/>
37. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.
38. Олексюк О.С. Системи підтримки прийняття фінансових рішень на мікрорівні. - К.: Наукова думка, 1998. - 206 с.
39. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.slideshare.net/pupenasan/kpi-oee>.
40. Паронян В.К., Технологія жирів і жирозамінників, Легка і харч. пр-ть - М: 2004.-352 с.
41. Паска М.З. Технологія тваринних жирів /Навчально-методичний посібник (Гриф Міністерства освіти та науки України лист № /11-2475від 29.03.2010) Львів, 2010. – 135с
42. 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.

43. 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.
44. Петруня Ю.Є. Прийняття управлінських рішень : навчальний посібник / [Ю. Є. Петруня, Б. В. Літовченко, Т. О. Пасічник та ін.] ; за ред. Ю. Є. Петруні. - [3-тє вид., переробл. і доп.]. - Дніпропетровськ: Університет митної справи та фінансів, 2015. - 209 с.
45. Пошуковий сервер GOOGLE: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу: <http://www.google.com.ua>
46. Присенко Г.В. Прогнозування соціально-економічних процесів / Г.В. Присенко, Є.І. Равікович / Навч. Посіб. – К, : КНЕУ, 2005. – 378 с.
47. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.
48. Системний аналіз складних систем керування: Навч. посіб. / А. П. Ладанюк, Я. В. Смітюх, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць, І. В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с. Режим доступу: URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/items/80aa2cec-be68-473f-9588-90bad450ef8f>
49. Системи підтримки прийняття рішень [Текст] : навч. посібник / О. І. Пушкар, В. М. Гіковатий, О. С. Євсєєв, Л. В. Потрашкова ; ред. О. І. Пушкар. - Харків : Інжек, 2006. - 304 с.

50. Системи підтримки прийняття рішень [Текст] : навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни / [уклад.: С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук] ; Державний вищий навчальний заклад "Українська академія банківської справи Національного банку України". - Суми : ДВНЗ "УАБС НБУ", 2010. - 265 с
51. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб./ О.І.Пушкар, В.М.Гірковатий, О.С.Євсєєв, Л.В.Потрашкова; За ред. О.І.Пушкаря; МОН України, Харк. нац. екон. ун-т. - Х.: ВД "ІНЖЕК", 2006. - 304 с.
52. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. К.: КНЕУ, 2003. 624 с.
53. Сявавко М. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М. Сявавко. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 318 с.
54. Технологія харчових виробництв / А.П.Нечаєва, І.С. Шуб, О.М. Аношина та ін; За ред. А.П.Нечаєва. – М.: Колос, 2005. – 768 с.
55. Тимченко В.К. Технологія м'яких маргаринів. Х.: НТУ «ХШ», 2002.– 128 с.
56. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. та ін. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах: підручник. – К.: Центр навчальної літератури, 2005.– 496 с.
57. Томашевський О. М. Інформаційні технології та моделювання бізнеспроцесів : навч. посібн. / О. М. Томашевський, Г. Г. Цегелик, М. Б. Вітер, В. І. Дудук. - К. : Центр учбової літератури, 2015. - 296 с.
58. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: [підручник] / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2016. – 136 с.

59. Школьна, О. В. Використання алгоритму побудови нечіткої системи логічного висновку Мамдані при автоматизації випарної установки / О. В. Школьна, А. П. Ладанюк // Автоматика – 2016 : матеріали XXIII Міжнародної конференції з автоматичного управління, 22-23 вересня 2016 р. - Суми, 2016. - Секція 5. Управління та ідентифікація в умовах невизначеності. – С. 175.
60. Ямпольський Л.С. Нейротехнології та нейросистеми: монографія / Л.С. Ямпольський. – К. : Дорадо-Друк, 2015. 508 с.
61. Ardissono, L. Dynamic User Modeling and Plan Recognition in Dialogue / L. Ardissono // PhD Thesis, Dipartimento di Informatica, Università di Torino, Italy, 1996
62. Bonczek, R. H. Foundations of Decision Support Systems / R. H. Bonczek, C. W. Holsapple, A. B. Whinston. – New York: Academic Press, 1981
63. Druzdzel M. J., Flynn R. R. Decision Support Systems. Encyclopedia of Library and Information Science. — A. Kent, Marcel Dekker, Inc., 1999.
64. Holsapple, C.W. Decision Support Systems (a knowledge based approach) / C. W. Holsapple, A. B. Whinston. – New York: West Publishing Company. 1983. – pp. 860.
65. Gupta, Jatinder N.D. Intelligent Decision-making Support Systems: Foundations, Applications and Challenges / Jatinder N.D. Gupta, Guisseppi A. Forgionne, Manuel Mora. – Springer Science & Business Media, 2007. – pp. 527
66. Keen P.G.W. Decision support systems: a research perspective. Decision support systems: issues and challenges. G. Fick and R. H. Sprague. Oxford ; New York: Pergamon Press, 1980.
67. Steven, A. Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenges / Alter Steven. – Addison-Wesley series on decision support. 1979.