

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)

Фурсюк А.В.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

«  » \_\_\_\_\_ 20   р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ельперін І.В.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

«10» лютого 2021р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інтелектуальні комп'ютерні системи керування

на тему: Розробка системи керування процесом сушіння молочних продуктів із змінюваним вектором технологічних задач

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

Голіченко Микита Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Голіченко  
(підпис)

Керівник Івашук В'ячеслав Віталійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Івашук  
(підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

доц. Бойко Р.О.

(прізвище та ініціали)

Бойко  
(підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

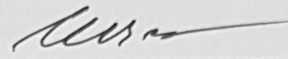
Голіченко  
(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем  
Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління  
Освітній ступінь магістр  
Спеціальність 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"  
(код і назва)  
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи  
керування

(назва)  
**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри Актис Ельперін І.В.

  
"09" листопада 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Голіченка Микити Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Розробка системи керування процесом сушіння молочних продуктів із змінюваним вектором технологічних задач

керівник роботи Іващук В'ячеслав Віталійович, д.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "09" листопада 2020 року №933-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 08 лютого 2021 року

3. Вихідні дані до роботи журнал технолога випарювальної та сушильної установок, регламенти алгоритмів керування процесом випарювання, відповідно до рецептів; паспорт на ПЛК M340, паспорт панелі оператора MT8101iE, керівництво з програмування SCADA TraceMode

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

Вступ;

Розділ 1. Аналіз технологічного процесу сушіння молочних продуктів, як об'єкту автоматизації;

Розділ 2. Розробка загальносистемних рішень ІСК;

Розділ 3. Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК;

Висновки.



## **Анотація**

Дана магістерська робота ставить за мету підвищення ефективності сушіння молока шляхом створення автоматизованої системи технологічного моніторингу випарної та сушильної установок і на основі оперативної аналітичної обробки даних реалізувати ефективні ресурсощадні стратегії управління з використанням інтелектуальних механізмів та сценарного підходу. метою даної магістерської роботи є розробка системи керування процесом сушіння молочних продуктів із змінюваним вектором технологічних задач.

У роботі подана характеристика та системний аналіз випарювальної та сушильної установок, їх систем автоматизації, опис нештатних ситуацій. На базі розроблених методів та алгоритмів технологічного моніторингу та оптимального сценарної системи керування процесом сушіння молочних продуктів із змінюваним вектором технологічних задач.

**Ключові слова: моніторинг, ресурсощадні технології, молочні продукти, нештатні ситуації, векторні задачі, сценарний підхід.**

## **Annotation**

This master's thesis aims to improve the efficiency of milk drying by creating an automated system of technological monitoring of evaporators and dryers and on the basis of operational analytical data processing to implement effective resource-saving management strategies using intelligent mechanisms and scenario approach. the purpose of this master's thesis is to develop a control system for the drying of dairy products with a variable vector of technological problems.

The paper presents the characteristics and system analysis of evaporating and drying units, their automation systems, description of abnormal situations. Based on the developed methods and algorithms of technological monitoring and the optimal scenario control system for the drying process of dairy products with a variable vector of technological problems.

**Key words: monitoring, resource-saving technologies, dairy products, abnormal situations, vector problems, scenario approach.**

## Зміст

<b>Вступ</b>	7
<b>Розділ 1. Аналіз технологічного процесу сушіння молочних продуктів, як об'єкту автоматизації</b>	10
1.2. Аналіз автоматизованих систем керування режимними параметрами процесу сушіння.	17
1.3. Аналіз інформаційного забезпечення, що обумовлює можливість застосування алгоритмів інтелектуального керування	25
1.3.1. Оцінка інтеграції моделей інтелектуальної обробки даних в структурі алгоритмів синтезі керувальної дії	25
1.3.2. Обґрунтування необхідності вибору методів інтелектуальної обробки даних та керування	26
Висновок по розділу 1	27
<b>Розділ 2. Розробка загальносистемних рішень ІСК</b>	28
2.1. Розробка підсистеми управління процесом сушіння	28
2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються	32
2.2. Вибір методу формування керувальних дій та оцінка форми залучення особи, що приймає рішення	31
2.3. Розробка діаграми вимог до ІСК	33
2.4. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи	38
2.5. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів	41
Висновок за розділом 2	43
<b>Розділ 3 Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК</b>	44
3.1. Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи	44
3.2. Розробка міжпрограмної взаємодії ІСК	47
3.3. Визначення параметрів ІСК	50
3.4. Розробка та моделювання ІСК	52
<b>Загальний висновок</b>	60
<b>Список використаної літератури</b>	61

## ВСТУП

Розвиток усіх областей техніки в теперішній час характеризується широкою автоматизацією різних виробничих процесів. При цьому звільняється праця людини, підвищується точність і швидкість виконання операцій, що значно підвищує продуктивність виробництва.

Молочне виробництво, як одна з галузей харчової промисловості, є одним з лідерів по впровадженню інтелектуальних комп'ютерних систем керування технологічними процесами.

Основні частини сушильного відділення володіють характерними ознаками складних систем управління, а саме: багатокритеріальністю, значним рівнем шумів, високою ступіню невизначеності різних форм, нелінійним характером поведінки. Прийняття управлінських рішень в таких умовах є важкою задачею, а в деяких випадках здійснюється лише на основі досвіду та інтуїції обслуговуючого персоналу. Через значну інерційність об'єктів більшості апаратів та агрегатів сушильного виробництва ефективність прийнятих лінійних управляючих дій на об'єкт управління може бути недостатньою, бо при цьому не враховуються особливості проявів складної поведінки.

Обладнання, що використовується в харчовій промисловості, повинне випускати не тільки продукцію високої якості, але і відповідати ряду технічних та економічних вимог. Сушильне обладнання в молочній промисловості характеризується великою продуктивністю, високою матеріало- та енергоємністю, високими тепловими навантаженнями, роботою за підвищених температур, підвищених та понижених тисках.

*Актуальність дослідження:* для підвищення ефективності роботи системи управління сушильної установки необхідно проводити оперативний аналіз інформації, що отримується під час протікання технологічного процесу. Оперативну обробку вхідної-вихідної інформації та керування технологічним об'єктом повинна здійснювати підсистема інтелектуального керування.

Впровадження підсистеми створить необхідні передумови для підвищення якості самого процесу керування. Відповідно, розробка алгоритмів обробки інформації і розробка підсистеми технологічного моніторингу з використанням сучасних методів аналізу інформації є актуальною науково-технічною проблемою.

*Наукова новизна:* розроблені та досліджені алгоритми керування складними технологічними комплексами на базі нейронечітких висновків за аналізом вхідної інформації, які забезпечують підвищення достовірності та точності оцінки виробничих ситуацій; запропоновані алгоритми керування технологічним об'єктом з різною глибиною прогнозу на основі інтелектуальних технологій та принципів нелінійної динаміки; на основі ситуаційного аналізу розроблені сценарії управління процесами сушіння, які дозволяють організувати у виділених ситуаційно-значущих зонах оптимальне управління процесом сушіння продукту; здійснений синтез структури автоматизованого управління технологічного комплексу продуктового відділення сушки молочних продуктів інтелектуальної підсистеми керування.

*Метою роботи* є підвищення ефективності молочного виробництва шляхом створення автоматизованої системи керування випарювальної та сушильної установки і реалізація ефективних ресурсноощадних стратегій управління, на основі оперативної аналітичної обробки даних, з використанням інтелектуальних механізмів та сценарного підходу.

Основні задачі для забезпечення досягнення мети роботи:

- на основі сучасних методів аналізу інформації розробити ефективні алгоритми оперативної обробки вхідної інформації, ситуаційної класифікації, системних динамічних змінювань, прогнозування поведінки об'єкта управління;
- побудувати сценарії управління випарювальної та сушильної установок, які забезпечують організацію ефективних стратегій управління в умовах ситуаційної невизначеності та хаотичної поведінки об'єкта управління;

- здійснити постановку та розв'язати задачу багатоцільового управління процесу випарювання та сушіння, що забезпечить покращення якості продукції, підвищення продуктивності обладнання та зниження питомих витрат ресурсів;

- розробити алгоритмічне та програмне забезпечення системи управління сушіння молочних продуктів з підсистемою інтелектуального керування.

*Об'єктом дослідження* є, теплообмінні і фізико-хімічні процеси, що відбуваються під час сушіння і задачі автоматизованого управління ними.

*Предмет дослідження* – розробка моделей та алгоритмів, які можуть бути покладені в основу створення підсистеми інтелектуальної підсистеми в автоматизованій системі управління процесом сушіння.

*Методологія дослідження.* Для розв'язку поставлених задач використовуються методи системного аналізу (для встановлення закономірностей та залежностей між необхідними даними змінних), базові принципи сценарного підходу (організація ефективних стратегій управління), багатокритеріальної оптимізації, інженерії знань, імітаційного моделювання. Вірогідність основних теоретичних положень і результатів досліджень підтверджувалась шляхом використання математичного моделювання та експериментальних даних.

*Практичне значення одержаних результатів.* На базі розроблених алгоритмів управління розроблена система автоматизованого управління випарувальною та сушильною установок, може бути використана у системах управління складними технологічними комплексами.

## Розділ 1

### 1.1. Аналіз технологічного процесу сушіння молочних продуктів як об'єкту автоматизації.

Консервування сушінням широко застосовують у молочній промисловості: сушать незбиране молоко, склотини, молочну сироватку, суміші незбираного і знежиреного молока з добавками і без добавок. До основних продуктів консервування незбираного молока відносяться: коров'яче незбиране сухе молоко 20-25 % жирності, сухе молоко «Домашнє», сухі вершки й інші сухі молочні продукти. Сухе молоко являє собою порошок, що має сипкість з питомою поверхнею часток 400-640 мг/кг. Об'ємна маса сухого молока залежить від способу сушіння і коливається від 300 до 690 кг/м<sup>3</sup>.

При виробництві усіх видів сухих молочних продуктів видалення вільної води здійснюється в дві стадії – згущенням і сушінням попередньо згущеного продукту. Згущення здійснюється випарюванням. Зі способів сушіння молочних продуктів відомі наступні:

- 1) розпилювальний у потоці гарячого повітря;
- 2) у киплячому шарі;
- 3) контактний (плівковий);
- 4) сублимацією;
- 5) у стані піни.

Незалежно від способу сушіння кінцевий продукт повинен відповідати наступним вимогам:

- мати задану кінцеву вологість;
- вільну тягучість;
- мінімальний зміст вільного поверхневого жиру;
- необхідну повноту і швидкість розчинення при мінімальних витратах.

Існує декілька основних і найбільш ефективних способи сушіння молочних продуктів:

- 1) Сушіння продуктів розпилювальним прямоточним способом проводять на розпилювальних прямоточних сушарках зі змішаним рухом повітря і продукту, що працюють в одно- чи двостадійном режимі.

Механізм одностадійного розпилювального сушіння полягає в полідисперсному розпилюванні згущеного молока в потоці гарячого повітря (сушильна камера), наступному сушінню в ньому розпиленних часток і виділенні висушених часток з потоку повітря. Одностадійний спосіб сушіння відрізняється простотою і малоопераційністю, проте продукти мають низькі швидкість розчинення і змочувальну здатність, великі питомі витрати енергоресурсів.

- 2) Найбільш досконалим, ефективним і перспективним є двостадійне сушіння. На

першій стадії сушіння продукт розпилюється за допомогою Способи сушіння молока 2 форсунок чи диска в потоці повітря  $t = 200-220^{\circ}\text{C}$ . Завдяки цьому інтенсифікується процес сушіння. Досушується продукт у вібраційних конвекційних сушарках різних конструкцій, де молочний продукт переводиться у псевдозріджений стан і сушиться у віброкиплячому шарі пропусканням через нього повітря  $t = 80-90^{\circ}\text{C}$ . При сушінні у киплячому шарі частки втрачають контакт, переміщуються, шар розширюється і нагадує киплячу рідину. Контактний спосіб (плівковий) полягає в сушінні згущеного молока, що наноситься на поверхню вальців, які мають  $t = 105-130^{\circ}\text{C}$  в апаратах, що працюють при атмосферному тиску і  $t = 50-60^{\circ}\text{C}$ , у вакуумних сушарках. Продукт висихає у вигляді плівки, яку зрізають, розмелюють, охолоджують і фасують. Застосовують цей спосіб для сушіння знежиреного молока

Сублімаційне сушіння полягає у видаленні вологи при розрідженні шляхом заморожування продукту. У процесі сушіння продукт підігрівається ( $40^{\circ}\text{C}$ ) без розморожування і з нього випаровується уся вільна вода. Даним способом сушать закваски і кисломолочні продукти. Витрати електроенергії на процес сушіння найменші у випадку контактного (плівкового) сушіння.

Сублімаційне сушіння є найбільш енергоємнішим. Разом з тим, якість сухих продуктів, що отримані за сублімаційного сушіння, найвища, а за плівкового сушіння - найнижча. Сушіння в стані піни здійснюється шляхом уведення газу під тиском  $P = 15 \text{ МПа}$  в згущене молоко перед виходом його з розпилювального пристрою в сушильній камері. Газ і продукт змішуються у співвідношенні 5:1 і відбувається сушіння.

Вироблення сухого молока можна поділити на такі етапи:

- Приймання молока , оцінка якості;
- Очищення незбираного молока;
- Охолодження молока незбираного;
- Тимчасове резервування молока;
- Нормалізація молока;
- Теплове оброблення нормалізованої суміші;
- Згущення нормалізованої згущеної суміші;
- Гомогенізація згущеної молочної суміші;
- Сушіння;
- Охолодження сухого продукту;
- Тимчасове зберігання сухого продукту;
- Пакування сухого продукту;
- Зберігання готового продукту.

Основне обладнання для молочних продуктів класифікується в такий спосіб: 1) за

конструкцією:

- плівкові чи вальцьові (контактні);
- розпилувальні;  шафові (камерні);
- барабанні (повітряні).

2) за способом сушіння:

- контактний;
- розпилувальний.

3) за розташуванням сушильної камери:

- вертикальні;
- горизонтальні.

4) за формою сушильної камери:

- прямокутні (розпилувальні форсунки розташовані тільки горизонтально з торцової сторони) застосовуються рідко;
- циліндричні вертикальні з плоским дном;
- циліндричні вертикальні з конічним дном.

5) за способом розпилення продукту:

- форсункові;
- дискові (відцентрові).

6) у залежності від руху повітря і часток молока:

- прямоточні (рух повітря і часток паралельний);
- протиточні (рух повітря і часток протилежний);
- зі змішаним потоком (прямоток і противоток).

7) за способом подачі повітря:

- в осьовому напрямку через центральну трубу
- через центральну трубу з прорізами, що розташовані в центрі камери;
- тангенціально (рух повітря обертально-спіральний);
- радіально (через прорізи в корпусі сушарки);
- через заспокійливу решітку .

Основні схеми подачі продукту і повітря:

- а) у горизонтально прямоточні сушарки;
- б) у сушарки, що працюють за принципом прямотоку зверху вниз;
- в) у сушарки, що працюють за принципом прямотоку знизу нагору;
- г) зі спіральним потоком повітря;
- д) зі змішаним потоком повітря;
- е) з обертальним рухом потоку

Є низка вимог до обладнання та установок ку з виготовлення сухого молока:

- 1) Кінцева вологість сухого молока не повинна перевищувати 15 %.
- 2) Контактні сушарки не повинні допускати перегріву, пересихання і пригорання молочного порошку.

- 3) Поверхня вальцьових контактних сушарок повинна бути досить гладкою, без подряпин і задирів.
- 4) Ножі повинні прилягати щільно до вальців і забезпечувати повне зняття плівки молока без утворення нагару.
- 5) Розпилювальні сушарки повинні точно дотримувати режим сушіння: у прямоточних сушарках температура повітря, що надходить, повинна знаходитися в межах 160-180°C, відпрацьованого – 65-95°C; при сушінні зі змішаним рухом повітря і продукту відповідно: 140-170°C и 60-80°C.
- 6) Форсунки повинні розпилювати згущене молоко рівномірно з заданою швидкістю і тиском і виключати знос і засмічення.
- 7) Форсунки чи диски розпилювачів повинні забезпечувати розпилювання згущеного молока на частки заданої величини (30-80 мкм) із сумарною поверхнею крапель близько 100-150 м<sup>2</sup> /с 1 літра молока.
- 8) Вентилятори сушарок повинні забезпечувати постійний відвід молочно-повітряної суміші без утворення застійних зон.
- 9) Розпилювальні сушарки повинні мати низькі витрати електроенергії, малу вартість і габарити (їхня висота звичайно перевищує 12 м).
- 10) Гомогенізатори повинні цілком ліквідувати дестабілізацію молока, що виникає при згущенні і забезпечувати мінімальну кількість вільного жиру в сухому молоці.
- 11) Охолоджувальне обладнання повинне в короткий термін і з мінімальними витратами енергії забезпечувати зниження температури сухого молока до 18-20°C.
- 12) Циклони повинні забезпечувати максимальне відокремлення порошку від повітря відповідно до вимог.
- 13) Обладнання повинне цілком відповідати санітарно-гігієнічним вимогам при виробництві сухого молока

До даного продукту є вимоги щодо складу сухого молока, які вказані в ДСТУ4556:2006.

У цьому стандарті використано терміни, встановлені ДСТУ 2212 та ДСТУ 4324. Нижче подано терміни, використані у цьому стандарті, та визначення позначених ними понять. Молоко сухе швидкорозчинне - сухий молочний продукт, який одержують розпилювальним сушінням згущеного молока з наступною агломерацією часточок та досушуванням, що надає сухому продукту властивості швидко розчинятися у підготовленій воді, завдяки утворенню капілярно-пористої структури.

Молоко сухе швидкорозчинне виробляють із незбираного молока з додаванням емульгаторів.

4.2 Молоко сухе швидкорозчинне виробляють тільки на розпилювальних сушильних установках.

4.3 Код продукту згідно з ДК 016 зазначено в додатку А. Основні показники і характеристики За органолептичними показниками молоко сухе швидкорозчинне повинно відповідати вимогам, наведеним у таблиці 1.

Назва показника	Характеристика
Смак та запах	Притаманні свіжому пастеризованому молоку, без сторонніх притисмоків та запахів
Зовнішній вигляд	Сухий порошок, щр складається із алгомерованих частинок. Допустима наявність ензліченої кількості легкорозсипчатих грудочок
Колір	Ожнорідний, білий або з кремовим відтінком

Таблиця 1 — Органолептичні показники молока сухого швидкорозчинного

5.2.2 За фізико-хімічними показниками молоко сухе швидкорозчинне повинно відповідати вимогам, наведеним у таблиці 2.

Назва показника	Нормалізація молока сухого швидкорозчинного	Метод контролювання
Масова частка вологи, %, не більше ніж	4	Згідно з ДСТУ 29246
Масова частка жиру, %, не менше ніж	25	Згідно з ДСТУ 29247
Індекс розчинності, см <sup>3</sup> сирого осаду, не більше ніж	0.2	Згідно з ДСТУ 30305.4
Відносна швидкість розчинення, %, не менше ніж	60	Згідно з 11.6
Масова частка фосфоліпідів, %, не більше ніж	0.5	Згідно з 11.7
Гитрована кислотність відновленого молока з вмістом сухих речовин 12 %, °Т, не більше ніж	19	Згідно з ДСТУ 30305.3
Чистота відновленого молока сухого швидкорозчинного, група, не нижче	II	Згідно з ДСТУ 29245

Таблиця 2 — Фізико-хімічні показники молока сухого швидкорозчинного

За мікробіологічними показниками молоко сухе швидкорозчинне повинно відповідати вимогам, наведеним у таблиці 3.

Назва показника	Нормалізація молока сухого швидкорозчинного	Метод контролювання
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г продукту, не більше ніж	$5 \cdot 10^4$	Згідно з ДСТУ 9225
Бактерії групи кишкової палички (коліформи), в 0,1 г продукту	Не дозволено	Згідно з ГОСТ 9225 або ДСТУ IDF 73A
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. <i>Salmonella</i> , в 25 г продукту	Не дозволено	Згідно з ДСТУ IDF 93A
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 г продукту	Не дозволено	Згідно з ДСТУ IDF 138 або ГОСТ 30347
<i>Listeria monocytogenes</i> в 25 г продукту	Не дозволено	Згідно з ДСТУ ISO 11290-1 або ДСТУ ISO 11290-2, МВ 559 [10]

Таблиця 3 — Мікробіологічні показники молока сухого швидкорозчинного

Вимоги до сировини та матеріалів. Для виробництва молока сухого швидкорозчинного використовують: — молоко коров'яче незбиране не нижче

другого сорту, кислотністю не більше ніж 20 °Т згідно з ДСТУ 3662; — молоко знежирене, кислотністю не більше ніж 20 °Т, одержане з коров'ячого молока згідно з ДСТУ 3662; — вершки з вмістом жиру не більшим ніж 40 %, кислотністю плазми не більшою ніж 20 °Т, одержані з коров'ячого молока згідно з ДСТУ 3662 або згідно з чинними нормативними документами; — емульгатори: лецитин або фосфоліпіди натуральні згідно з чинними нормативними документами; — масло топлене згідно з ДСТУ 4399. Сировина за вмістом токсичних елементів, мікотоксинів, антибіотиків, пестицидів та радіонуклідів повинна відповідати вимогам, встановленим у МБТ и СН № 5061 [2], ДСанПіН 8.8.1.2.3.4- 000 [3] та ГН 6.6.1.1-130 [4]. Кожну партію сировини та матеріалів, що надходить на підприємство, супроводжують документом, що підтверджує її відповідність нормативним документам. Щоб визначити відповідність якості та безпеки сировини проводять вхідне контролювання згідно з ГОСТ 24297.

## **1.2. Аналіз автоматизованих систем керування режимними параметрами процесу сушіння.**

Для сучасних умов характерне застосування високоефективних внутрішньо організаційних систем інформації, що ґрунтуються на використанні найновіших інформаційних технологій, зокрема єдиної локальної комп'ютерної мережі. Управлінська внутрішня інформаційна система представляє собою сукупність інформаційних процесів для задоволення потреб в інформації на різних рівнях прийняття рішень. Інформаційна система включає компоненти обробки інформації, внутрішні і зовнішні канали передачі.

Інформація, особливо її автоматизована обробка, і тепер залишається важливим фактором підвищення ефективності діяльності будь-якої організації. Важливу роль у використанні інформації відіграють способи її реєстрації, обробки, нагромадження і передачі; систематизоване збереження інформації і її видача в потрібній формі; виробництво нової числової, графічної та іншої інформації. В сучасних умовах у великих організаціях створені і ефективно діють інформаційні системи, які обслуговують процес підготовки і прийняття управлінських рішень і вирішують наступні задачі: обробку даних, обробку інформації, реалізацію інтелектуальної діяльності з метою створення інформації. Управлінські інформаційні системи послідовно реалізують принципи єдності виробничого процесу та інформаційного процесу супроводу через застосування технічних засобів збору, нагромадження, обробки і передачі інформації в поєднанні з використанням аналітичних методів математичної статистики і моделей прогнозно-аналітичних розрахунків та інших необхідних прикладних засобів. У виробничо-господарській структурі підприємства забезпечується узагальнення інформації «знизу - вгору», конкретизація інформації «зверху - вниз», а також уніфікується інформаційний процес, спрямований на отримання науково-технічної, планової, контрольної, облікової і аналітичної інформації.

Підвищення ефективності використання інформаційних систем досягається шляхом наскрізної структури і сумісності інформаційних систем, які дозволяють усунути дублювання і забезпечують багатократне використання інформації, встановлюють визначені інтеграційні зв'язки, обмежують кількість показників, зменшують обсяг інформаційних потоків, підвищують рівень використання інформації.

Сучасна інформаційна система в організації дозволяє забезпечити вирішення таких завдань:

- прямий, своєчасний доступ до інформаційного продукту (точну інформацію про хід виробничого процесу в просторі та часі);
- ефективну координацію внутрішньої діяльності та оперативне розповсюдження різноманітних повідомлень;
- ефективнішу взаємодію із суміжниками по технологічних маршрутах за рахунок

використання більш інформованих та наочних засобів відображення та передачі-прийому повідомлень;

- виділення необхідного і неперервного часу для менеджерів всіх ланок на такі високоефективні види діяльності, як аналіз та прийняття рішень за рахунок зменшення часу на здійснення малопродуктивної діяльності;
- використання якісно кращої технології системного аналізу та проектування оперативного управління на нижній та середніх ланках управління виробництвом.

В наш час відсутність можливості взаємодії окремих засобів автоматизації чи навіть окрема технологія може стати стримуючим фактором, що робить використання інформаційних систем нераціональним. Більше того, для найконсервативнішої частини керівників використання інформаційних технологій стає приводом для відмови від відповідних капіталовкладень.

Розміри необхідного капіталу також можуть служити, як підтримуючою прогрес силою, так і гальмом для впровадження інформаційних систем. Не багато керівників будуть стверджувати, що значні інвестиції в автоматизацію організації, розраховані на довготермінову перспективу, є вирішальними в питаннях виживання. Для короткотермінової перспективи багато хто ставить під сумнів окупність інвестицій, оскільки не має чіткого уявлення про місце інтелектуальних систем в управлінні організацією. Проте далекоглядніші керівники вважають, що в ринках умовах використання інформаційних систем забезпечують більшу гнучкість і значно нижчі накладні витрати функціонування їх організацій.

Впровадження корпоративних інформаційних систем, безсумнівно, позитивно впливає на організацію управління, але не завжди компаніям вдається повернути кошти, вкладені в них. Великі компанії витрачають на АІС мільйони доларів США. За даними тільки 50% компаній окупили впровадження систем. Цей факт можна віднести, до одного з основних недоліків впровадження автоматизованих систем управління. Окрім того, сьогодні дуже часто після впровадження автоматизованої корпоративної інформаційної системи керівництво як і раніше не досить задоволене якістю інформаційного забезпечення. Також, нерідко спроектована АІС настільки складна і неадекватна поточним завданням, що взагалі не використовується в компанії.

Причин неуспішного впровадження може бути безліч. Найчастіше, причина полягає у порушенні загальних принципів проектування автоматизованих систем управління. В більшості випадків проекти впровадження ERP-систем не виправдовують себе внаслідок:

- проектування системи ERP без урахування стратегії розвитку компанії;
- перекіс у бік технології;
- проектування системи ERP «знизу-вгору»;
- надлишкового реінжинірингу бізнес-процесів;
- невірна оцінка економічної ефективності впровадження ERP-системи;

· недооцінка складності процесу впровадження.

Однією із типових помилок є проектування системи ERP без врахування стратегії розвитку компанії.

Створення і впровадження повнофункціональної ERP-системи – тривалий процес, який на великих підприємствах може займати 3 - 5 років. Причому проектується вона на роботу понад 2 роки без проведення модернізації. Тому необхідно приділити достатньо уваги прогнозуванню, помилки в якому можуть призвести до невиправдано великих витрат, зокрема на купівлю додаткового мережевого обладнання та оплату за користування послугами доступу до мережі Internet, які складають велику частку вартості володіння ERP-системою. Багато компаній вже потрапили в пастку, намагаючись автоматизувати все, що тільки можна. Одним з основних критеріїв успішності є грамотне керівництво, яке обираючи, впроваджуючи та використовуючи АІС в розумній мірі покладається на інстинкт та знання.

В наш час відсутність можливості взаємодії окремих засобів автоматизації чи навіть окрема технологія може стати стримуючим фактором, що робить використання інформаційних систем нераціональним. Більше того, для найконсервативнішої частини керівників використання інформаційних технологій стає приводом для відмови від відповідних капіталовкладень.

Розміри необхідного капіталу також можуть служити, як підтримуючою прогрес силою, так і гальмом для впровадження інформаційних систем. Не багато керівників будуть стверджувати, що значні інвестиції в автоматизацію організації, розраховані на довготермінову перспективу, є вирішальними в питаннях виживання. Для короткотермінової перспективи багато хто ставить під сумнів окупність інвестицій, оскільки не має чіткого уявлення про місце інтелектуальних систем в управлінні організацією. Проте далекоглядніші керівники вважають, що в ринках умовах використання інформаційних систем забезпечують більшу гнучкість і значно нижчі накладні витрати функціонування їх організацій.

Управління розглядається як процес, тобто як сукупність безперервних взаємозв'язаних дій. Ці дії, кожна з яких є також процесом, називають функціями менеджменту. Сучасний підхід (згідно підходів Майкла Мескона, Майкла Альберта та Франкліна Хедоурі) виділяє чотири функції (рисунок 6). Процес управління за своєю сутністю є загальною сумою всіх функцій управління.

Базується на використанні теорії систем у менеджменті з кінця 50-х років. Система - це сукупність взаємозв'язаних елементів (частин), які постійно взаємодіють і визначають її характер. Всі організації (об'єкти управління) є системами, які складаються з наступних елементів: структура, завдання, технологія, люди і цілі.

Існують закриті (мають фіксовані жорсткі кордони, не залежать від оточуючого середовища) та відкриті (взаємодіють із зовнішнім середовищем) системи. Всі

організації є відкритими системами.

Крупні частини систем самі можуть складати системи, які по відношенню до першої системи можна називати підсистемами (цехи, відділи тощо). Цей поділ може продовжуватись. Слід вивчати всі підсистеми організації (технічну, економічну, соціальну та інші). Попередні школи фіксували увагу на якійсь одній підсистемі, що і приводило їх до невдач (наприклад, біхевіористи вивчали тільки соціальну підсистему).

**1\_2 Сушка молока** - це енергоємний процес і вимагає наявності стабільних сировинних ресурсів (молока) для його виробництва. Для отримання **1 кілограма сухого незбираного молока використовується 8,7 літра незбираного коров'ячого молока**, а для **1 кілограма сухого знежиреного молока - 11,7 літра знежиреного коров'ячого молока**.

На комбінаті сухе молоко виробляється розпорошувальним методом в потоці гарячого повітря. Саме цей метод дає найбільш високі якісні характеристики готового продукту.

Одним з основних етапів в початковому процесі сушки являється згущування молока. Для цього використовуються вакуум-випарювальні установки в які подається пастеризоване коров'яче молоко. За рахунок розрідженого стану усередині вакуум-апарата молоко кипить при температурі нижче 100°C. При кипінні зменшується кількість вологи в молоці і, відповідно, збільшується вміст сухих речовин. Коли вміст сухих речовин досягає 43% процес згущування припиняють і згущене молоко (не плутати із згущеним молоком і цукром) направляють в сушильну вежу.

У сушильній вежі відбувається основний процес - висушування згущеного молока. Згущене молоко подається в купол сушильної вежі. У потоці гарячого повітря (до 200°C) згущене молоко висушується у міру його опускання на дно сушильної вежі де і закінчується технологічний процес - досушування молока, охолодження і відправка на розфасовку.

Фасується сухе молоко у багатошарові паперові мішки з поліетиленовим вкладишем. Поліетиленовий вкладиш потрібний для відвертання набору вологи сухим молоком, а так само має хороші бар'єрні властивості. Багатошаровий паперовий мішок запобігає розриву поліетилену і захищає сухе молоко від сонячного світла.

На даному виробництві є кілька показників, які можна використовувати для регулювання та контролю даного виробництва.

Витрата — за допомогою регулювання витрати продукту можна збільшувати чи зменшувати. Але в баках може бути недостатня кількість продукту, оскільки для виготовлення сухого молока необхідна безперервна подача продукції. В негативному випадку вся кількість теплоти яка була використана на виробництво може бути просто в нікуди. А для того щоб заново нагріти агрегати (температура в яких має бути ~90C при пастеризації молока та ~160C при сушінні молока).

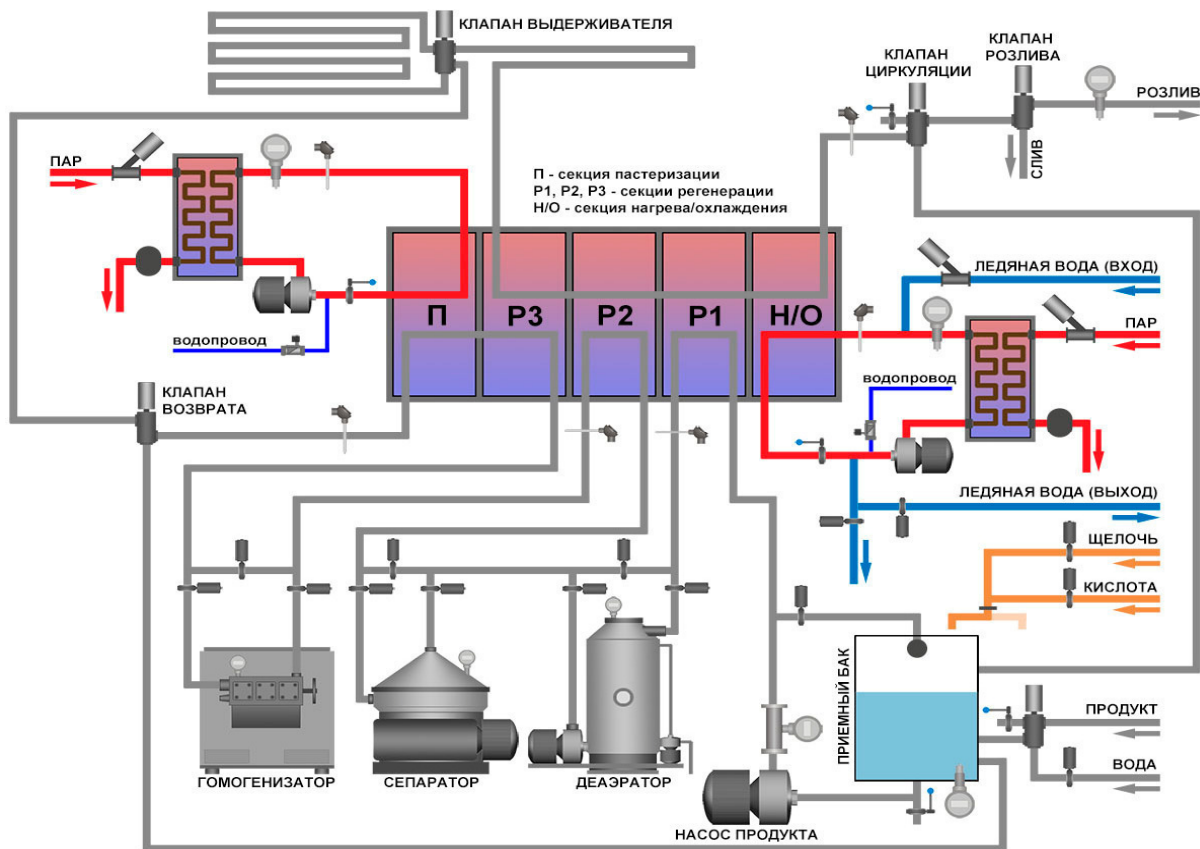
Температура — за рахунок регулювання температури можна змінювати температуру в основних установках чи при її зберіганні на протязі всього виробництва. За рахунок регулювання температури продукт може зберігати придатність довше ніж зазвичай, а оскільки на даному виробництві виготовляють сухе молоко і сировина до нього використовується молоко коров'яче відповідно. Та сушіння продукції це доволі енергетично затратний пункт виробництва особливо,

якщо при нагріванні чи охолодженні установок, які в основному складаються з металу (який досить не погана буде поглинати тепло). Але при цьому на даному виробництві повинні зберігатися певні межі для температури, для кращого процесу виробництва продукції.

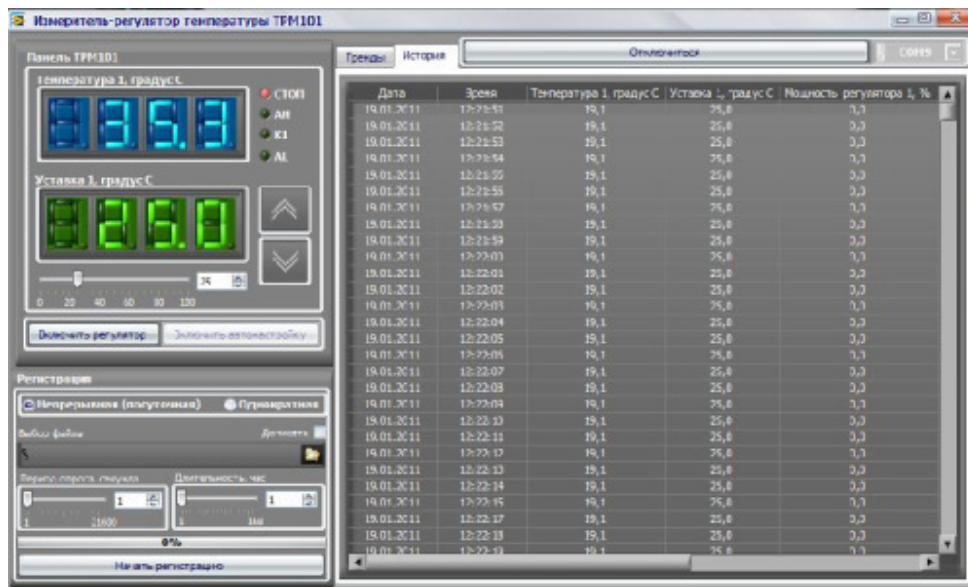
Тиск — в установках повинен зберігатися певний тиск, це в свою чергу може спричинити зношування двигунів, які даний тиск будуть підтримувати. Тому на мою думку для запобігання поломки даних двигунів простіше виставити певні межі для похибки тиску в установках на виробництві і намагатися керувати якістю продукції за допомогою витрати чи температури.

На даному малюнку зображено вплив параметрів на виробництві і вимоги до кінцевого продукту. Необхідно здійснювати вплив на параметри температури та витрати. Оскільки вплив на дані параметри буде найбільш ефективний та необхідний для виробництва.

Що стосовно SCADA, то необхідно визначитися з параметрами які будуть виводитися на екран для спостереження та контролю виробництва, як писалося раніше необхідно вивести показники тиску витрати та температури для більш повної картинки для управління процесом і при натисканні на якусь установку буде відкриватися більш детальний опис її стану та її вигляду (з положення клапанів, температурою в стінках баку тощо).



На даному рисунку демонструє приклад, який приблизний вигляд може мати кадр з виглядом пастеризатора молока.



На даному кадрі показано приклад вигляду змін параметру (в даному випадку температури). І варіацій може бути дуже велика кількість.

На дані кадри необхідно вивести показання температуру в сепараторі та випарнику, оскільки в них протікають найбільш важливі процеси для виготовлення молока. Необхідно показувати рівень в баках для слідкування рівня в них і запобіганню в них підвищення та наближення рівня продукту. Показники тиску в баку для сушіння для запобіганню підвищення/зниження тиску в них. Необхідно щоб на даному кадрі було вказано головні керуючі дії такі як вимкнення насосів вакууму та подачі продукції, якщо сталося катастрофічне підвищення продукції в баках, причому подібна кнопка повинна бути присутня для кожного об'єкту. Для більш точного керування з баку операторів.

### **1.3. Аналіз інформаційного забезпечення, що обумовлює можливість застосування алгоритмів інтелектуального керування;**

#### **1.3.1. Оцінка інтеграції моделей інтелектуальної обробки даних в структурі алгоритмів синтезі керуючої дії.**

Вся сукупність операцій (збирання, введення, записування, перетворення, зчитування, зберігання, знищення, реєстрація), що здійснюються за допомогою технічних і програмних засобів, включаючи обмін по каналах передачі даних. У сучасних умовах, коли потрібно не лише збирати й обробляти інформацію, а й мати змогу забезпечувати нею менеджерів і фахівців різних рівнів, зазначена система дістала подальший розвиток і діє як система автоматизованого збирання та обробки інформації. Щоб організувати систему автоматизованого збирання та обробки інформації, яка використовується для управління об'єктом, потрібно створити такі процеси, за яких вірогідна первинна інформація (яка характеризує виробничо-господарську та іншу діяльність) один раз у мінімальному складі в ритмі виробництва вимірювалася б і фіксувалася (а іноді й первинно оброблялася) й у такому самому ритмі (при потребі) передавалася каналами зв'язку до ПЕОМ користувачів і комплексно (системно, тобто всебічно за відповідними алгоритмами) оброблялася (разом з умовно-постійною) на ПЕОМ так, щоб одержана в максимумі результатна інформація була закінчена обробкою і повністю відповідала б усім вимогам управління об'єктом, у тому числі інформуванню менеджерів і фахівців різних рівнів, а також процесам конструкторської і технологічної підготовки виробництва, нормування й планування, обліку й контролю, складання установленої зведеної звітності й проведення комплексного економічного аналізу за різні періоди часу та по різних структурних ланках і об'єкту управління в цілому. На даному виробництві імовірно необхідно застосовувати

Під час ручного управління необхідно застосовувати захисні чи обмежувальні алгоритми. Це робиться з метою запобігання продукції на виробництві та для економії певного типу ресурсів( наприклад теплоти). Оскільки сушіння являється енергетично затратним виробництвом, то на мою думку буде цілком прийнятним, якщо під час ручного управління будуть задіяні певні алгоритми, що будуть обмежувати певні дії. І за необхідності їх ігнорування необхідно щоб керування проводилося технологом або інженером даного виробництва з достатнім досвідом і усвідомленням усіх можливих наслідків для виробництва і обслуговуючого персоналу.

### **1.3.2. Обґрунтування необхідності вибору методів інтелектуальної обробки даних та керування**

На даному виробництві буде присутній тільки два контури керування та управління, а саме: управління за допомогою регулювання витрати та за допомогою контрольована/регулювання температури. Дані дії будуть здійснюватися за допомогою двох ПД-регуляторів.

#### **Пропорційна складова**

Пропорційна складова виробляє вихідний сигнал, який протидіє відхиленню регульованої величини від заданого значення, що спостерігається в даний момент часу. Він тим більше, чим більше це відхилення. Якщо вхідний сигнал дорівнює заданому значенню, то вихідний дорівнює нулю.

Однак при використанні тільки пропорційного регулятора значення регульованої величини ніколи не стабілізується на заданому значенні. Існує так звана статична помилка, яка дорівнює такому відхиленню регульованої величини, яке забезпечує вихідний сигнал, що стабілізує вихідну величину саме на цьому значенні. Наприклад, в регуляторі температури вихідний сигнал (потужність нагрівача) поступово зменшується при наближенні температури до заданої, і система стабілізується при потужності, що дорівнює тепловим втратам. Температура не може досягти заданого значення, так як в цьому випадку потужність нагрівача стане дорівнює нулю, і він почне остигати.

Чим більше коефіцієнт пропорційності між вхідним і вихідним сигналом (коефіцієнт посилення), тим менше статична помилка, проте при занадто великому коефіцієнті посилення при наявності затримок (запізнювання) в системі можуть початися автоколивання, а при подальшому збільшенні коефіцієнта система може втратити стійкість.

#### **Інтегруюча складова**

Інтегруюча складова пропорційна інтегралу за часом від відхилення регульованої величини. Її використовують для усунення статичної помилки. Вона дозволяє регулятору згодом врахувати статичну помилку.

Якщо система не відчуває зовнішніх збурень, то через деякий час регульована величина стабілізується на заданому значенні, сигнал пропорційною складовою буде дорівнює нулю, а вихідний сигнал буде повністю забезпечуватися інтегрує складовою. Проте, інтегруюча складова також може призводити до автоколивання при неправильному виборі її коефіцієнта.

#### **Диференційована складова**

Диференційована складова пропорційна темпу зміни відхилення регульованої величини і призначена для протидії відхилень від цільового значення, які прогнозуються в майбутньому. Відхилення можуть бути викликані зовнішніми збуреннями або запізненням впливу регулятора на систему.

### **Недоліки використання ПД-регуляторів**

При використанні ПД-регулятора в системі регулювання, слід враховувати небажані ефекти, що виникають при реалізації каналу похідної сигналу помилки  $\epsilon(t)$ . Недоліки проявляються через те, що при посиленні цього каналу прямо пропорційно зростає частота. Основними недоліками при цьому є:

Підвищений посилення високочастотних складових сигналу помилки. Вони носять шумовий характер і через це відношення корисної складової сигналу до шумовий зменшується, що дестабілізує об'єкт управління.

Виникнення імпульсів великої амплітуди. Таке явище виникає в моменти стрибкоподібного зміни помилки, незважаючи на повільне зміна сигналу системи і в зв'язку зі стрибкоподібними змінами сигналу установки і його проникненням на вхід диференціатора.

**Компенсувати дані недоліки можна за допомогою:**

#### **Метод Дудникова Е. Г.**

Метод відноситься до точних пошуковим методам оптимізації. Найбільш досконалий метод настройки регуляторів, який дає оцінку запасу стійкості по розподілу коренів характеристичного рівняння. Системи управління повинні мати певний запас стійкості, відповідно мати інтенсивність ослаблення вібрації і коливальності. Ступінь загасання коливальності залежить від пари комплексних коренів характеристичного рівняння. Вони пов'язані певним співвідношенням. І в ньому присутній показник кореневої коливальності.

Завдяки великій кількості достоїнств метод визнаний традиційним. Він підходить як для настройки одноконтурних і багатоконтурних систем. Він надійний і достовірно перевірений. Однак, має недоліки. Основними з них є: відсутність рекомендацій по налаштуванню алгоритмів ПДР і ПД-регуляторів і необхідність проведення ітераційної процедури пошуку налаштувань при мінімізації квадратичного критерію якості.

**Висновок до розділу 1.** У даному розділі здійснюється аналіз та вибір методу модернізації, плюси та мінуси вибраного способу. Саме:

- аналіз технологічного процесу сушіння молочних продуктів як об'єкту автоматизації;
- аналіз автоматизованих систем керування режимними параметрами процесу сушіння;
- аналіз інформаційного забезпечення, що обумовлює можливість застосування алгоритмів інтелектуального керування;
- оцінка інтеграції моделей інтелектуальної обробки даних в структурі алгоритмів синтезу керуючої дії;
- обґрунтування необхідності вибору методів інтелектуальної обробки даних та керування.

## Розділ 2. Розробка загальносистемних рішень ІСК

### 2.1. Розробка підсистеми управління процесом сушіння

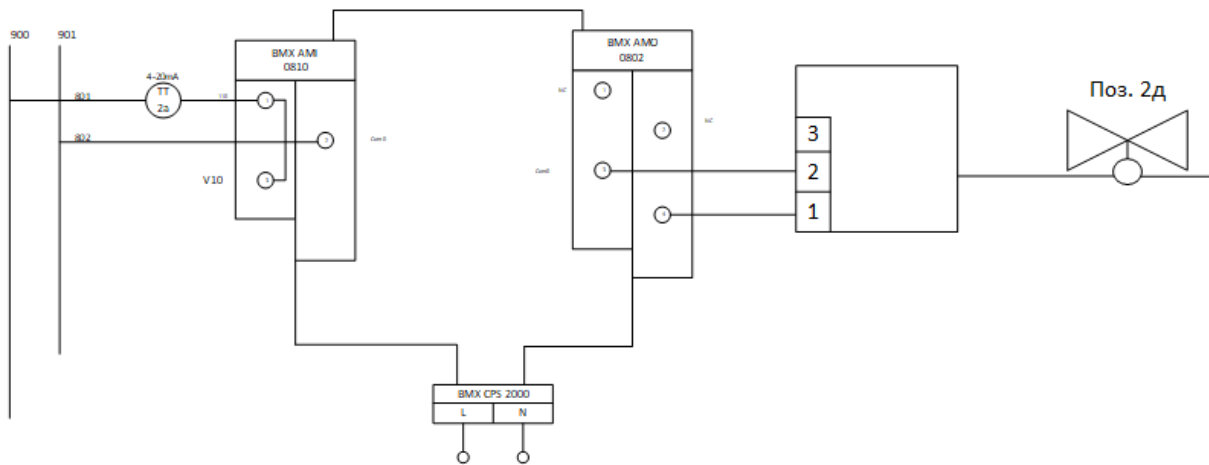
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		0-1000 л/год	90 С	0-100 %			0-100 %	~85 С	0-1000 л/год	~160 С	0-1000 л/год	0-100 %		
За місцем		FT 1a	TT 2a	NS 2r	FT 3a	FT 4a	NS 4r	TT 5a	FT 6a	TT 7a	FT 8a	NS 8r	FT 9a	PE 10a
На щиті		FI 16	TI 26	HC 2b	FI 36	FI 46	HC 4b	TI 56	FI 66	TI 76	FI 86	HC 8b	FI 96	PI 106
ПЛК	Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ПК	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Рис. 2.1.0 Таблиця функціональної схеми

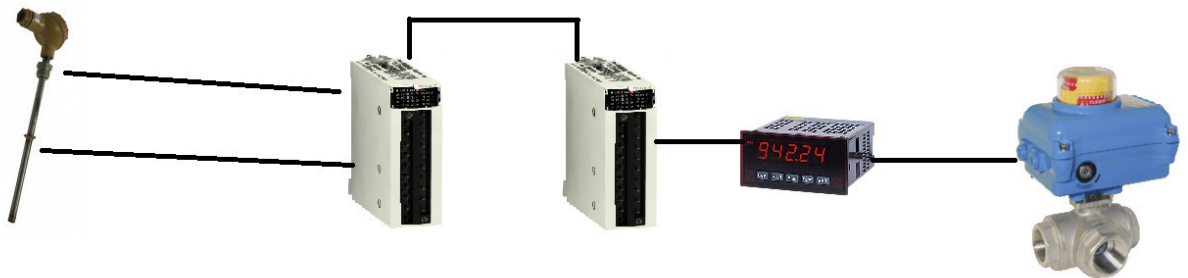
Спочатку продукт потрапляє в випарювальну установку установку в яку він подається за допомогою клапана (поз.4а). Після чого продукт буде підігріватися до температури ~90 С, регулювання даного параметру буде відбуватися за допомогою клапана подачі гарячого повітря (поз.2д). Вимірювання температури здійснюється за допомогою датчика ТПС (поз 2а ), після обробки інформація про температуру буде показуватися за допомогою цифрового індикатора DAG-A (поз. 2б). DAG-A В даній установці має значення контролю за рівнем температури для нормального протікання поцесу. Після чого продукт мусить потрапити в сушильну уснаковку. В даному трубопроводі буде вимірюватися витрата за допомогою KUA-PD (поз 3а). Також ведеться контроль за температурою на виході з випарювальної установки для запобіганню втрат, у випадку перевищення температуру FE-1a (поз. 5а), вимірювання здійснюється за допомогою датчика ТПС (поз. 5а), після якого інформація буде показуватися на цифровому індикаторі DAG-A (поз 5б).

Позначення	Найменування функції/задачі	Закон/алгоритм	Період	Примітка
FE-1a	Подача перегрітої пари в випарювальну установку	ПІД	300 мс	
FE-3a	Витрата продукції в випарювальну установку	ПІД	300 мс	
FE-4a	Витрата продажі продукції в випарювальну установку	ПІД	300 мс	
TE-2a	Температура в випарювальній установці	ПІД	300 мс	
TE-5a	Температура з випарювальної установки	ПІД	300 мс	
TE-7a	Температура в сушильній установці	ПІД	300 мс	

Після потрапляння продукту в сушильну установку контроль температури в якій буде вестися датчика ТСП (поз. 7а) та демонструватися буде за допомогою DAG-A (поз. 7б). Подача продукції в сушильну установку буде здійснюватися за допомогою розпилювального диску, робота якого буде відбуватися за допомогою мотору на позиції М1. Подача повітря буде здійснюватися за допомогою трубопроводу на якому буде встановлено датчик витрати KUA-PD (поз. 8а). Температура повітря повина зберігатися на рівні ~160 С, для запобігання обгоранню продукту, оскільки подача за допомогою розпилення сировини. По закінченню сушіння продукт буде подаватися на підставку з флюїдним дном. Для функціонування якої необхідно подача повітря, яка буде здійснюватися за допомогою клапана (поз. 6д). У випадку надлишкового тиску на даній установці перед нею буде встановлено витратомір фірми Kobold KUA-PD (поз.6а ).



**Рис. 2.1** Схема підключення ПЛК датчика вимірювання рівня та калапана до ПЛК Schneider Electric



М340

**Рис. 2.2.** Схема підключення датчиків

На даному виробництві здійснюється інтелектуалізація сушіння молока. Для впровадження даної технології на даному виробництві необхідно ввести 2 контури регулювання за допомогою яких буде здійснюватися управління. Оскільки сушіння саме по собі досить енергетично затратний процес було зроблено висновки, що найефективнішим буде зробити такими контур регулювання температурою та регулювання витрати продукції. Для здійснення дані схеми з такими контурами управління було введено в експлуатацію 2 ПД-регуляторів для більш ефективного регулювання і запобіганню конфліктів керування в одному регуляторі. Оскільки принципи, параметри та уставки в них досить різні. І в цілому для зручності обслуговування виробництва було легше розділити їх на 2 різних регулятори.

## 2.2. Вибір методу формування керуючих дій та оцінка форми залучення особи, що приймає рішення

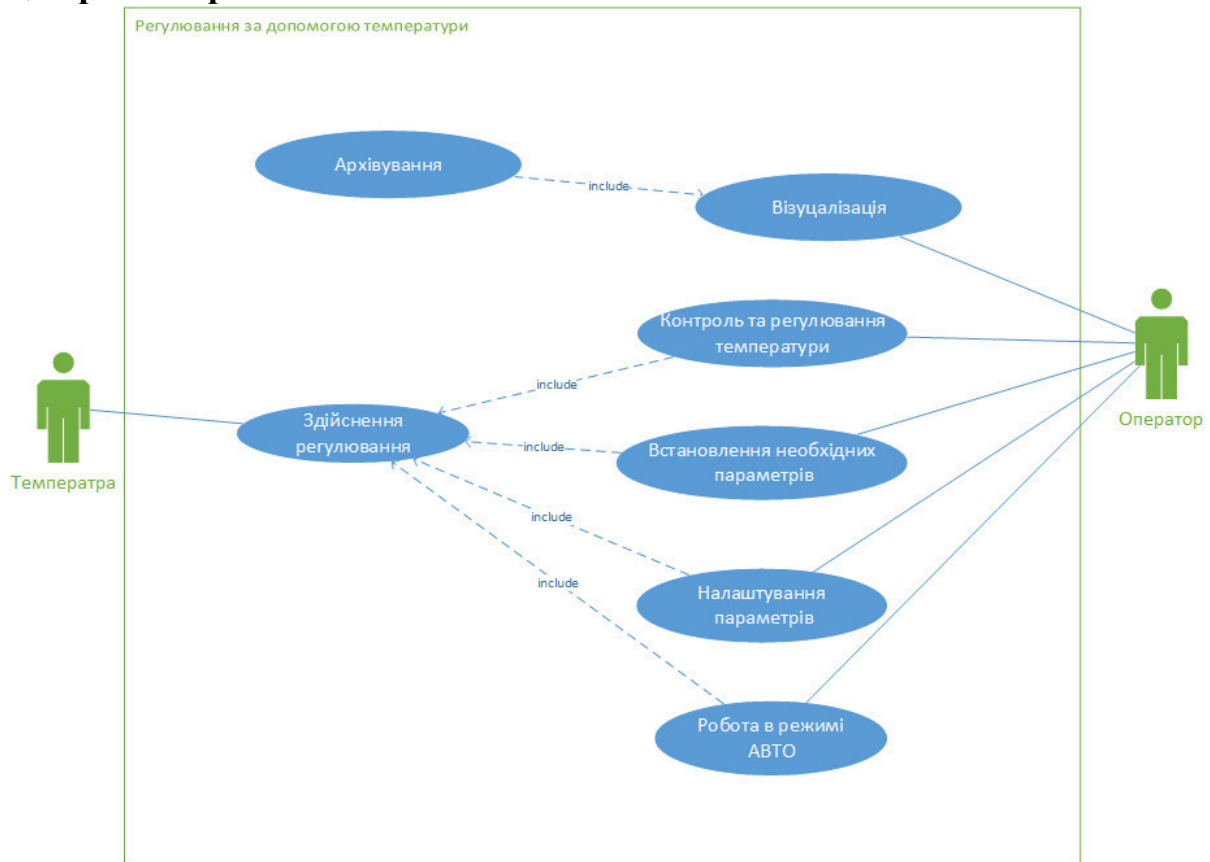


Рис 2.2.1 Use case diagram для регулювання температури

На даній діаграмі керуючі дії виконує оператор, він може задавати якісь необхідні для процесу регулювання уставки/дані. Здійснює керуючий вплив на регулюючі органи, вибирає в якому режимі буде протікати процес (АВТО/Ручний). При здійсненні будь-яких дій оператор за допомогою візуалізації (SCADA) може спостерігати, як саме протікає процес(це все буде архівуватися). В кінцевій частині алгоритму буде здійснюватися вплив на сам параметр температури.

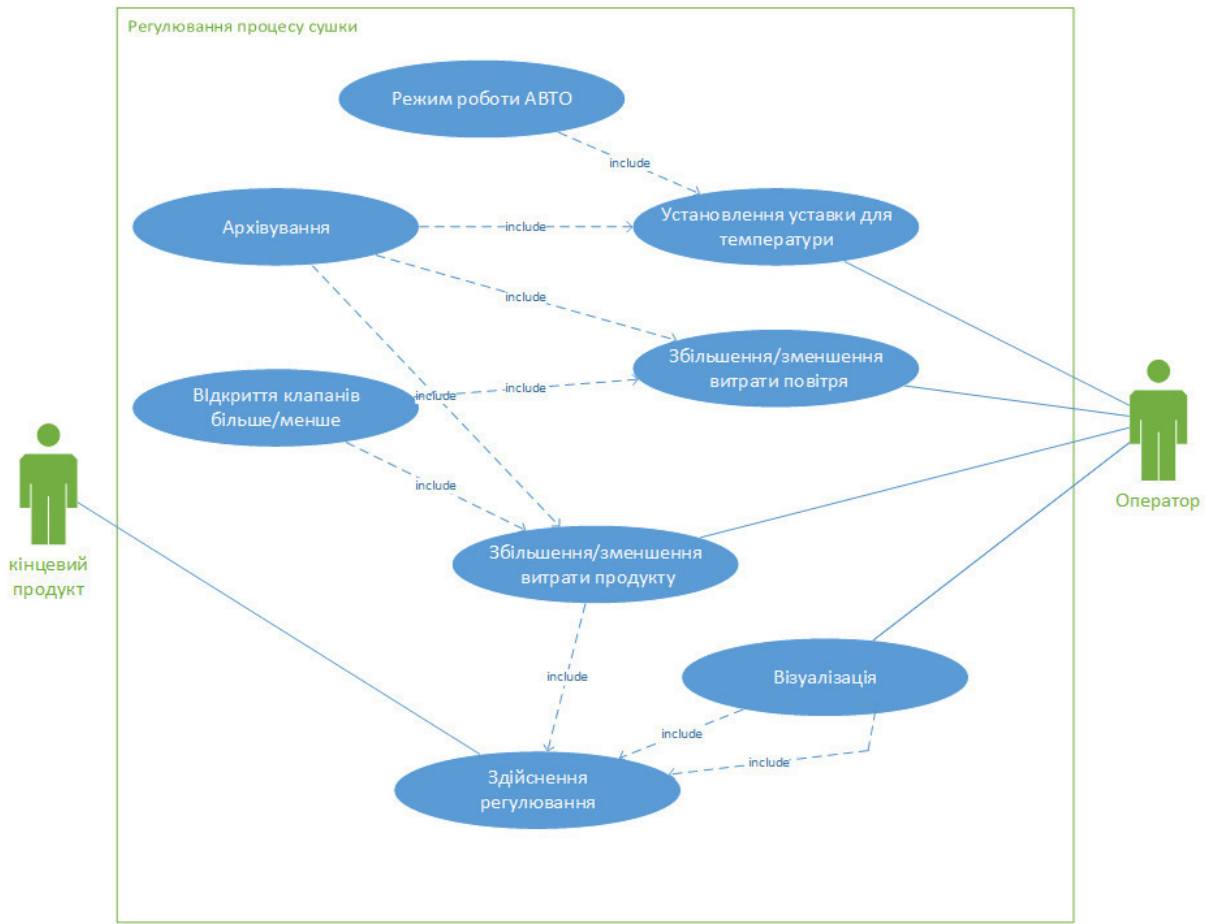
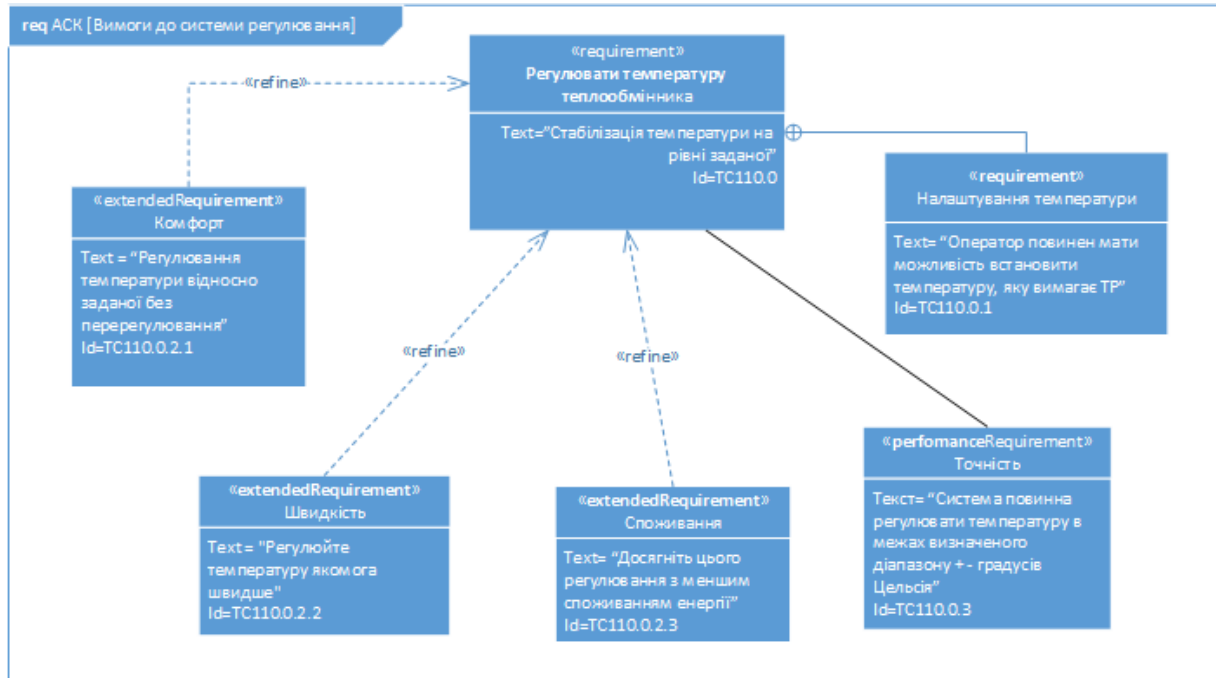


Рис 2.2.1 Use case diagram процесу сушки.

На даній діаграмі зображено які дії може виконувати оператор для процесу сушки. Оператор має можливість на регулювання витрати продукту та регулювання подачі гарячого повітря (дана функція доступна по причині, перевищення температури при розпиленні може відбутися обвуглення продукції, при низькій температурі продукт буде сирим і буде налипати на стінки установки). При здійсненні будь-якого регулювання дії оператора будуть записуватися та демонструватися. Також система має здатність регулювати процесом в режимі АВТО, тобто без участі оператора.

## 2.3. Розробка діаграми вимог до ІСК



**Рис 2.3.1 Requirements diagram для регуляторів температури.**

На даній діаграмі зображено необхідні для її функціонування параметри, а саме: оперативний персонал повинен мати можливість встановлювати температуру, Система повинна регулювати температуру в межах визначеного діапазону + - градусів Цельсія, досягнення бажаного регулювання з меншим споживанням енергії, регулювання температури з максимальною швидкістю та регулювання відносно заданої без заданої уставки.

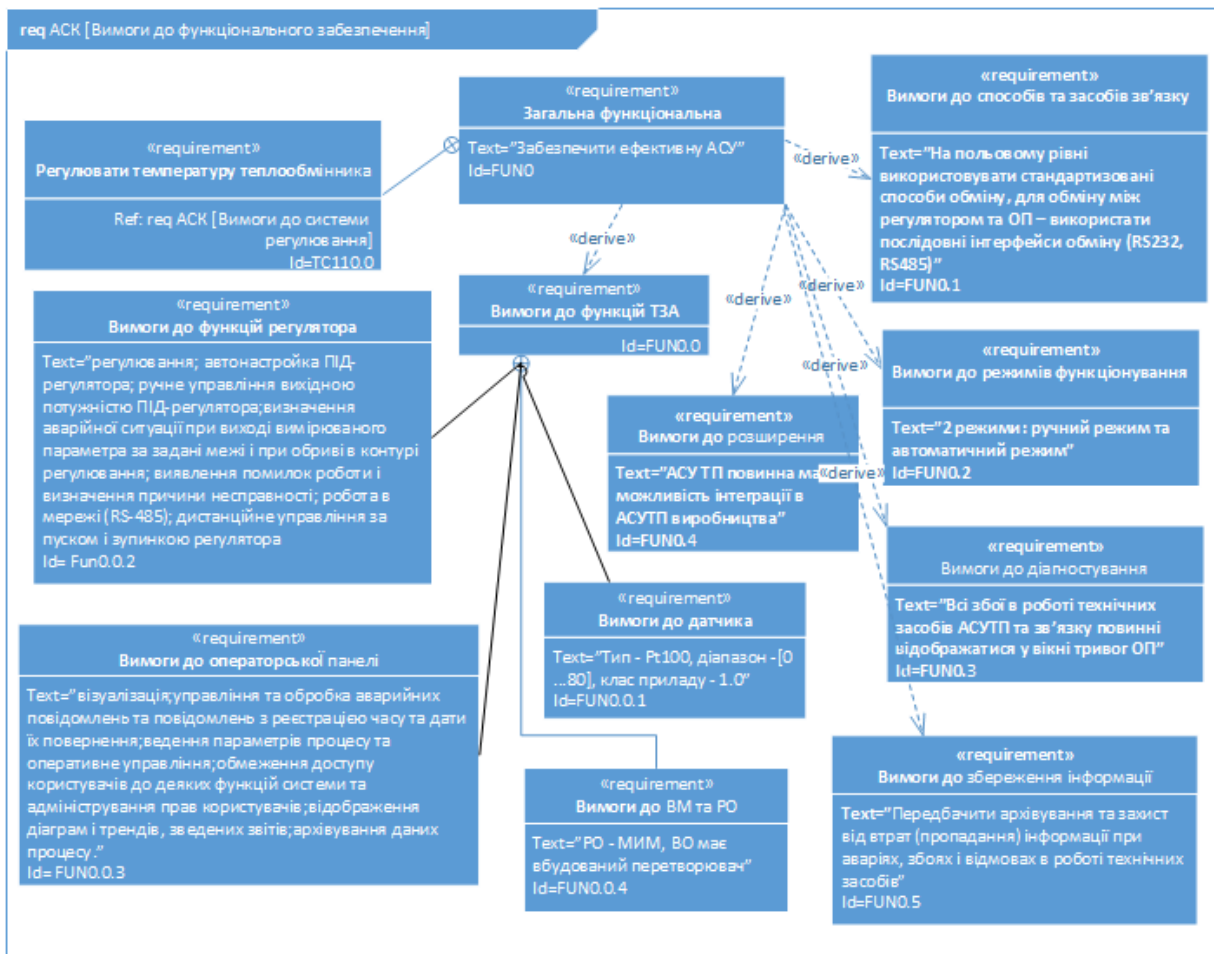


Рис. 2.3.2 Requirements diagram для вимог щодо забезпечення

На даній діаграмі зображено Одна вимога (Забезпечення ефективного функціонування) але вона має кілька підпунктів, які на неї впливають, а саме: вимоги до засобів та способів зв'язку(використовувати стандартизовані способи обміну, для обміну між регулятором та ОП – використати послідовні інтерфейси обміну), вимоги до режимів функціонування (2 режими: ручний режим та автоматичний режим), вимоги до діагностування ("Всі збої в роботі технічних засобів АСУТП та зв'язку повинні відображатися у вікні тривоги ОП), вимоги до збереження інформації (Передбачити архівування та захист від втрат (зникнення) інформації при аваріях, збоях і відмовах в роботі технічних засобів), Вимоги до ВМ та РО (РО - МИМ, ВО має вбудований перетворювач), Вимоги до датчика (Тип - Pt100, діапазон -[0...80], клас приладу — 1), Вимоги до операторської панелі (візуалізація; управління та обробка аварійних повідомлень та повідомлень з реєстрацією часу та дати їх повернення; ведення параметрів процесу та оперативне управління; обмеження доступу користувачів до деяких функцій системи та адміністрування прав користувачів; відображення діаграм і трендів, зведених звітів; архівування даних процесу), Вимоги до функцій регулятора (регулювання;

автоналаштування ПД-регулятора; ручне управління вихідною потужністю ПД-регулятора; визначення аварійної ситуації при виході вимірюваного параметра за задані межі і при обриві в контурі регулювання; виявлення помилок роботи і визначення причини несправності; робота в мережі (RS-485); дистанційне управління за пуском і зупинкою регулятора), регулювати температуру теплообмінник (АСК-Вимоги до системи регулювання).

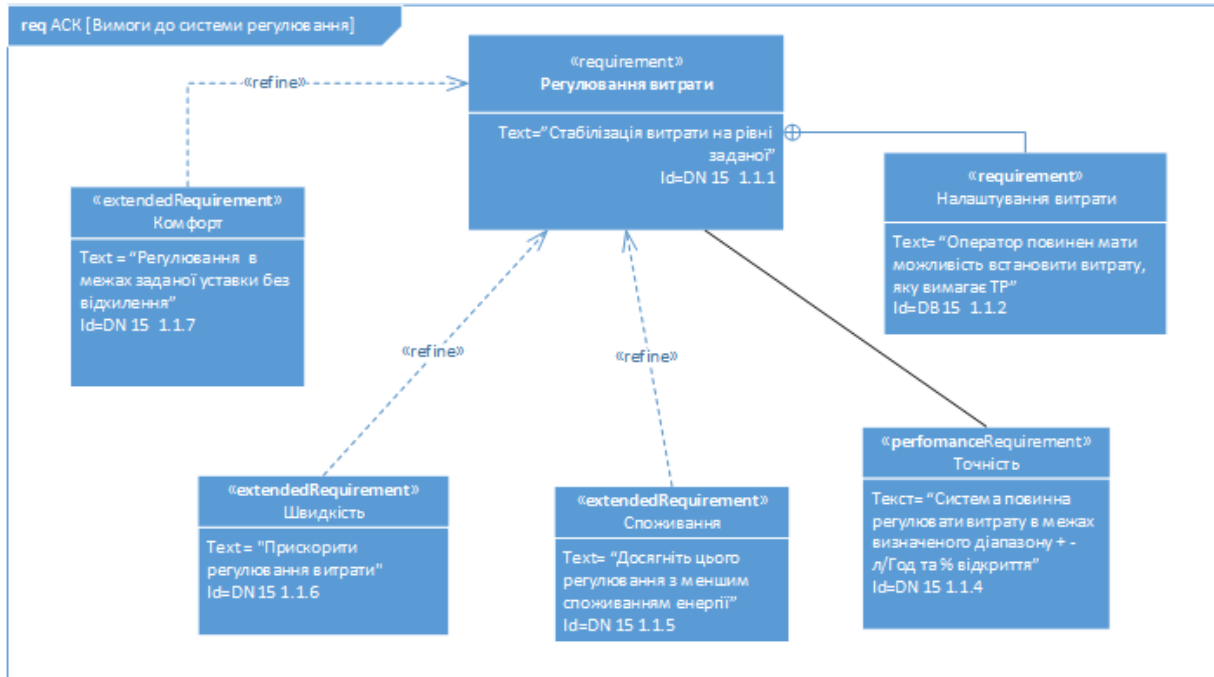


Рис. 2.3.3 Requirements diagram для регуляторів витрати

На даній діаграмі зображено необхідні для функціонування регулятора витрати параметри, а саме: точність (Система повинна регулювати витрату в межах визначеного діапазону + - л/Год та % відкриття), сподівання (Досягнення цього регулювання з меншим споживанням енергії), швидкість (прискорення регулювання витрати), комфорт (Регулювання в межах заданої уставки без відхилення). Дана множина вимог являють собою Регулювання витрати, яке в свою чергу впливає на витрату.

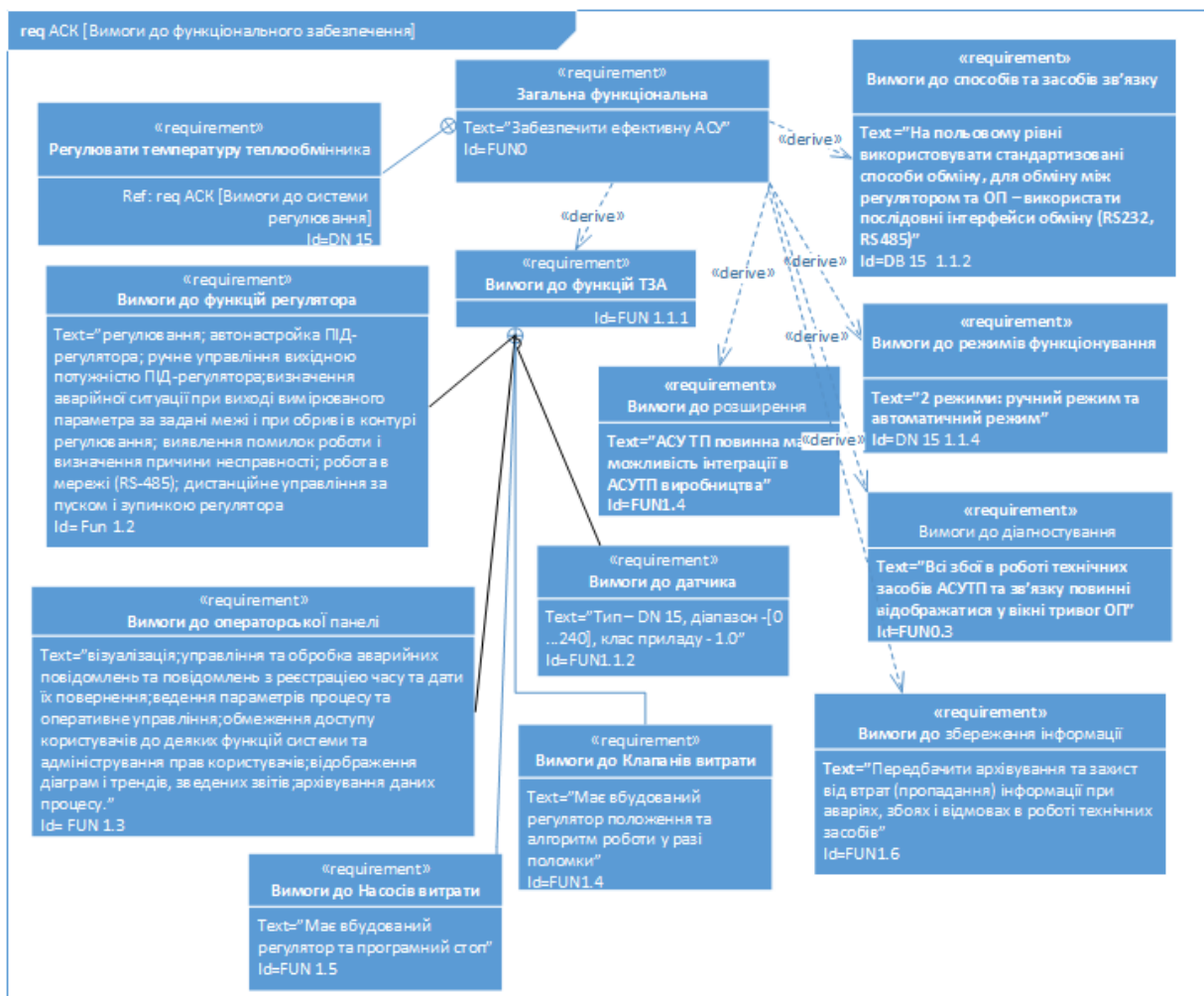


Рис. 2.3.4. Requirements diagram для вимог щодо забезпечення

На даній діаграмі зображено Одна вимога (Забезпечення ефективного функціонування) але вона має кілька підпунктів, які на неї впливають, а саме: вимоги до способів та засобів зв'язку (На польовому рівні використовувати стандартизовані способи обміну, для обміну між регулятором та ОП – використати послідовні інтерфейси обміну (RS232, RS485) ), вимоги до режимів функціонування (2 режими: ручний режим та автоматичний режим), вимоги до діагностування (Всі збої в роботі технічних засобів АСУТП та зв'язку повинні відображатися у вікні тривоги ОП), вимоги до збереження інформації (Передбачити архівування та захист від втрат (пропадання) інформації при аваріях, збоях і відмовах в роботі технічних засобів), вимоги до клапанів витрати (Має вбудований регулятор положення та алгоритм роботи у разі поломки), вимоги до насосів витрати (Має вбудований регулятор та програмний стоп), вимоги до датчиків (Тип – DN 15, діапазон - [0...240], клас приладу — 1.), вимоги до оперативної панелі (візуалізація ; управління та обробка аварійних повідомлень та повідомлень з реєстрацією часу та дати їх повернення; ведення параметрів процесу та оперативне управління;

обмеження доступу користувачів до деяких функцій системи та адміністрування прав користувачів; відображення діаграм і трендів, зведених звітів; архівування даних процесу), вимоги до функціонування регулятора (регулятора; ручне управління вихідною потужністю ПД-регулятора; визначення аварійної ситуації при виході вимірюваного параметра за задані межі і при обриві в контурі регулювання; виявлення помилок роботи і визначення причини несправності; робота в мережі (RS-485); дистанційне управління за пуском і зупинкою регулятора). І це включається в ТЗА.

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

Визначення складових елементів регулятора

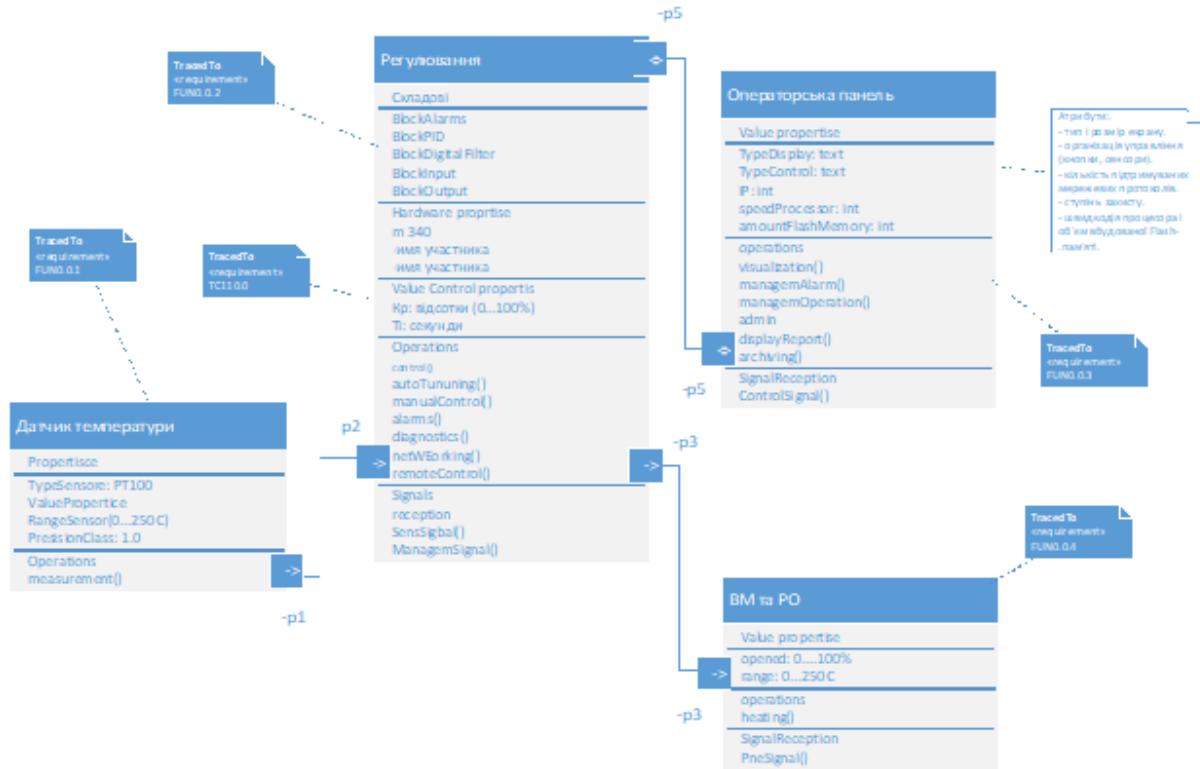


Рис.

### 2.4.1. BDD Регулювання за допомогою температури

На даній діаграмі зображено більш детально, що саме необхідно для нормального функціонування регулятора температури і що дана дія в себе включає.

Після того, як датчик здійснив вимір на нього щось прийшло(якійсь сигнал) і він його відсилає в регулятор в якому в Рядку Operands вказується всі можливі операції які може здійснювати з інформацією. В даному блоці показано:

- 1- Складові
  - BlockAlarms (блокуючі сигналізації)
  - Blockj PID (блокування ПІД)
  - BlockDigitalFilter (блокуючі дискретні фільтри)
  - BlockInput (блокуючі входи)
  - BlockOutput (блокуючі виходи)
- 2- Hardware propertise
  - м 340 ( контролер, що використовується)
  - VMX AMI 0810
  - VMX AMO 0802

### 3- Operations

- control (контроль)
- autoTuning (автоналаштування)
- manualControl (ручний режим)
- alarms (сигналізація)
- diagnostic (діагностика)
- netWorking (мережі)
- remoteControl (відалений контроль/доступ)

### 4- Singals

- reseption
- SensSigbal
- ManagemSignal

Регулятор має можливість обмінюватися інформацією з операторською панеллю, де в свою чергу теж є певні пункти для функціонування:

#### 1- Value propertise

- TypeDisplay (тип інформації на дисплеї)
- TypeControl (тип здійснювання контролю авто/ручний)
- IP
- SpeedProcessor (швидість протікання процесу)
- amountflsh Memory (тип запису даних)

#### 2- operations

- control (контроль)
- autoTuning (автоналаштування)
- manualControl (ручний режим)
- alarms (сигналізація)
- diagnostic (діагностика)
- netWorking (мережі)

Після обчислення та відправки даних на панель оператора, здійснюється вправ на блок ВМ та РО і здійснює керування.

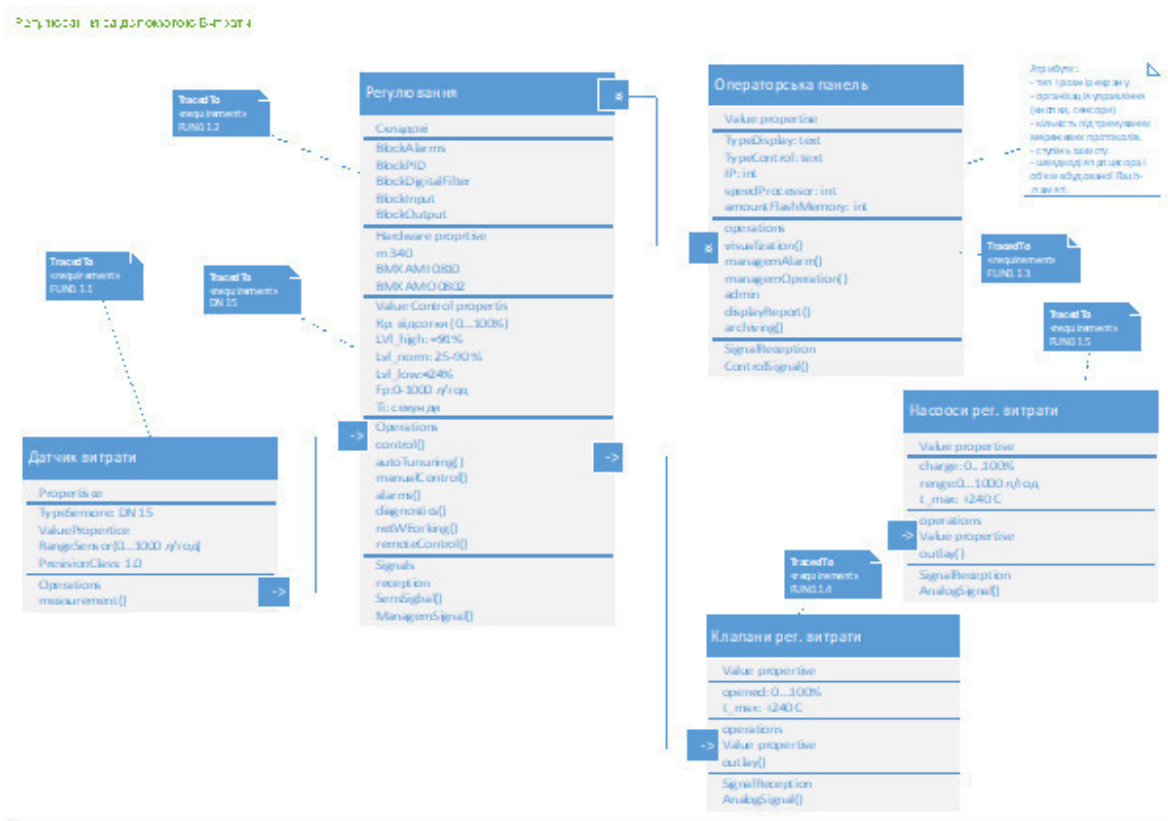


Рис. 2.4.1. BDD Регулювання на розпиленні в сушарці

На даній діаграмі зображено більш детально, що саме необхідно для нормального функціонування регулятора температури і що дана дія в себе включає.

Після того, як датчик здійснив вимір на ного щось прийшло(якийсь сигнал) і він його відсилає в регулятор в якому в Рядку Operands вказується всі можливі операції які може здійснювати з інформацією.

Після обчисленні інформація поступає на блок регулювання витрати продукту або температури повітря (в залежності від потреби в регулюванні).Після здійснення керуючої дії данні потраплять на панель оператора, де вони обробляються та оновлюються.

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

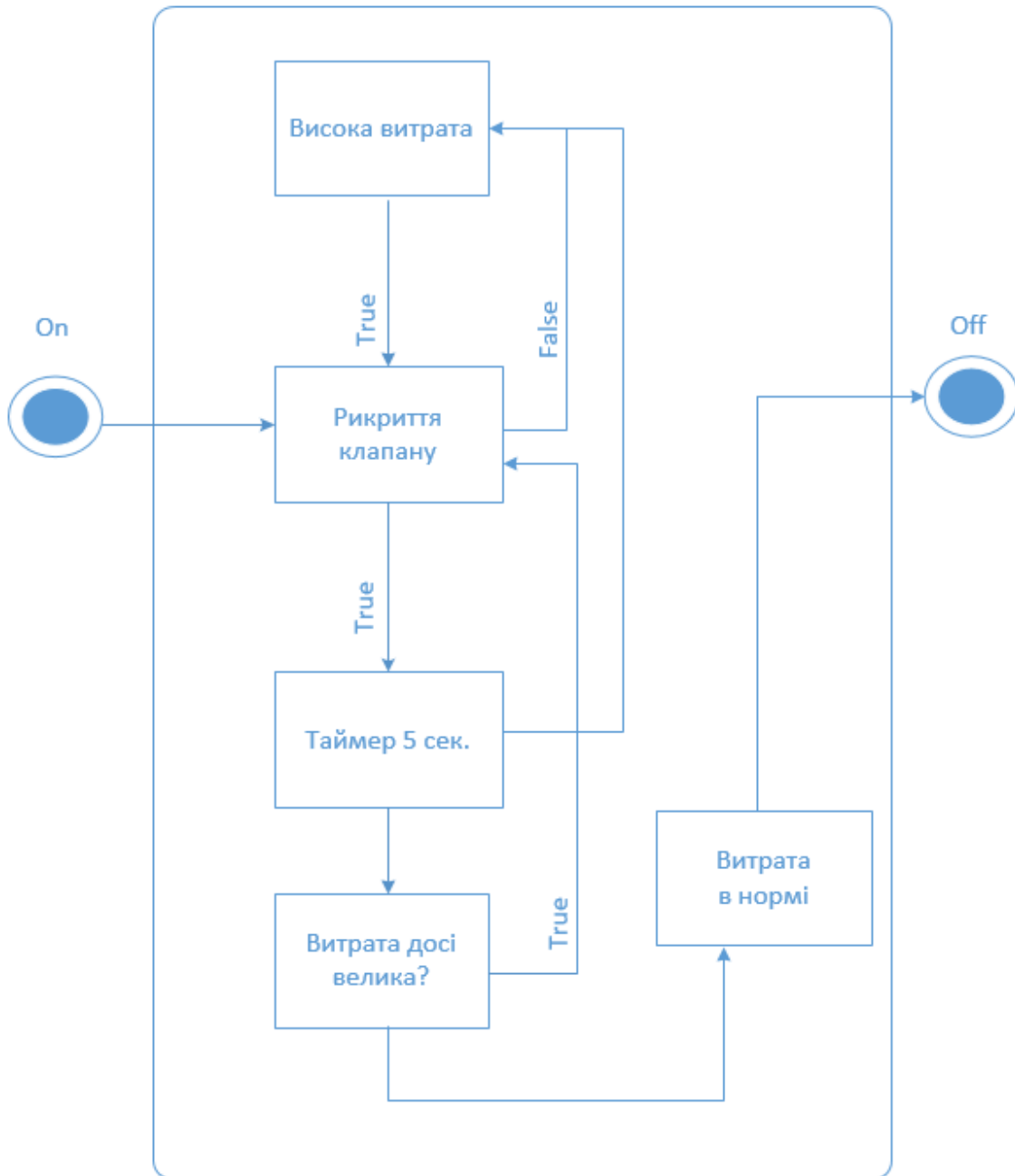


Рис. 2.5.1 State machine diagram для регулювання температури при розпиленні.

При підвищенні витрати на розпилювальній головці буде відправлено сигнал, який буде показувати, що витрата зависока для даного плинного процесу. Після чого буде відправлено сигнал на закриття клапану, якщо після закінчення віддаунку таймеру (оскільки витрата буде змінюватися не одразу, тому що для зміни положення клапану необхідно деякий час), буде відправлено запит на вимір

витрати. В випадку, якщо витрата не повернеться до необхідної кількості, процес буде повторюватися.

Якщо процес буде в нормі, то закриття клапану припиниться після чого сигнал про ненормовану витрату продукту зникне.

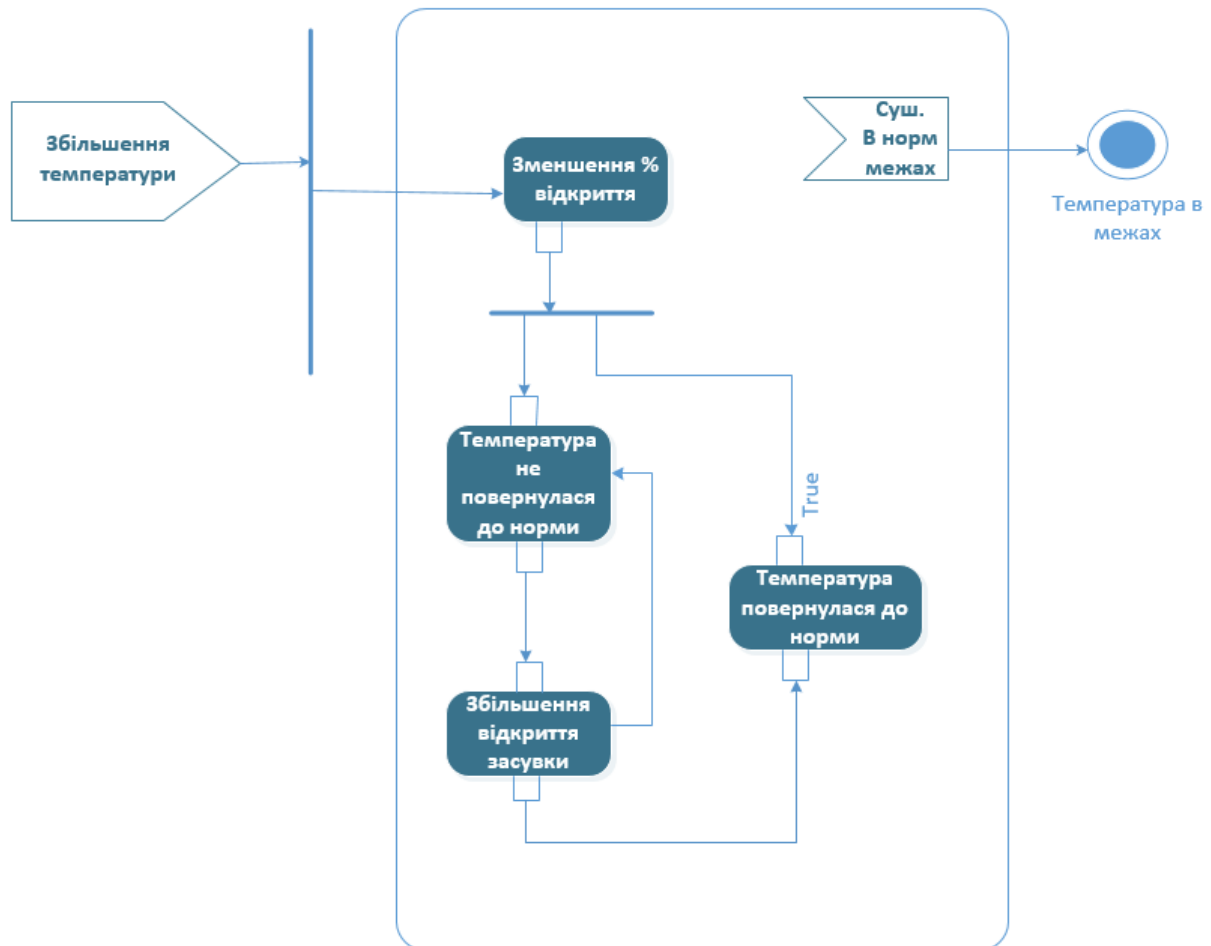


Рис 2.5.2 Activity diagram для регулювання температури на розпиленні в сушці.

При ідентифікації підвищення температури подається сигнал на зменшення подачі гарячого повітря в сушильну установку. Після відкриття якщо температура досі буде не в межах необхідних для протікання процесу, то процес продовжиться (клапан подачі буде зменшувати відкриття). Коли температури буде в необхідних межах (~160 C) процес зупиниться на клапан припиниться здійснення керуючих дій.

**Висновок до розділу 2:** в даному розділі виконується моделювання поведінки даної системи. В даному розділі показано приклад програми для ПЛК, описується функціональна схема сушки молока, яка включає в себе випарювальну установку та сушильну установку, показано взаємодію різних елементів та продуктів на виробництві.

## Розділ 3. Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК

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

На даному прикладі зображена частина програми для регулювання витрати та температури в випарювальній установці (написаній для ПЛК), для контролера SE m340 з модулями аналогового входу VMX AMI 0810, модулями аналогового виходу VMX AMO 0802. Дана частина програми реалізована на мові програмування ST (Structure Text). ST або STX - одна з п'яти мов, що підтримуються стандартом IEC 61131-3, призначена для програмованих логічних контролерів (PLC). Це мова високого рівня, яка структурована за блоками та синтаксично нагадує Паскаль, на якій вона базується. Усі мови мають спільні елементи IEC61131. Змінні та виклики функцій визначаються загальними елементами, тому різні мови в рамках стандарту IEC 61131-3 можуть використовуватися в одній програмі.

Частина програми ПЛК.

```
IF V_4A>=1000 THEN // при збільшенні витрати
V_CLPN_CLS:=400;
END_IF;
{IF TE_2A>=160 THEN // якщо температура більше 160 C
T_CLPN_CLS:=50;
ELSE_IF
{IF TE_2A=<=100; // якщо температури нижче 100 C
T_CLPN_OPN:=30;
END_IF;}
END_IF;}
IF TE_5A>=90 THEN // якщо температура на виході з
FE_4A_OPN:=10;
TE_2A_CSL:=15;
END_IF;
```

На даному скрипті написано алгоритм роботи надходження продукту в випарювальну установку написаному для ПЛК контролера SE m340 з модулями аналогового входу VMX AMI 0810, модулями аналогового виходу VMX AMO 0802

При збільшенні витрати більше ніж 100 л/год буде здійснюватися прикриття клапану подачі до стану з якому витрати буде 400 л/год. При підвищенні температури більше ніж 160 С всередині випарної установки буде закриватися клапан подачі гарячого повітря до стану відкриття в 50%. При зменшенні температури в випарній установці менше ніж 100 С, буде здійснюватися відкриття(або прикриття) на 30%. При досягненні температури на виході з випарювальної установки більше ніж 90 С буде здійснюватися відкриття клапану витрати продукту на 10% відкриття клапану та 15% закриття на клапані подачі гарячого повітря.

```
{IF T_120 AND V_200 THEN
```

```
  CLPN_SUSH_V:=True;
```

```
  V_200:=True;
```

```
  CLPN_TEMP:=20;
```

```
{ELSE_IF
```

```
T_130 AND V_200 THEN
```

```
  CLPN_SUSH_V:=TRUE;
```

```
  CLPN_TEMP:=30%;
```

```
{ELSE_IF
```

```
T_140 AND V_200 THEN
```

```
  CLPN_SUSH_V:=TRUE;
```

```
  CLPN_TEMP:=40;
```

```
{ELSE_IF
```

```
T_150 AND V_200 THEN
```

```
  CLPN_SUSH_V:=True;
```

```
  CLPN_TEMP:=50;
```

```
{ELSE_IF
```

```
T_160 AND V_200 THEN
```

```
  CLPN_SUSH_V:=TRUE;
```

```
  CLPN_TEMP:=60;
```

```
{ELSE_IF  
T_164 AND V_200 THEN  
  CLPN_SUSH_V:=TRUE;  
  CLPN_TEMP:=60;  
END_IF;  
  }  
  }  
  }  
  }  
  }  
  }  
}
```

На даному скрипті відображається регулювання температури за допомогою змінення кількості подачі продукту при умові, що температура буде дорівнювати 120 С та витрата буде 200 л/год, Плюс до всього буде перераховано ймовірні варіанти при яких буде стала витрата продукції.

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

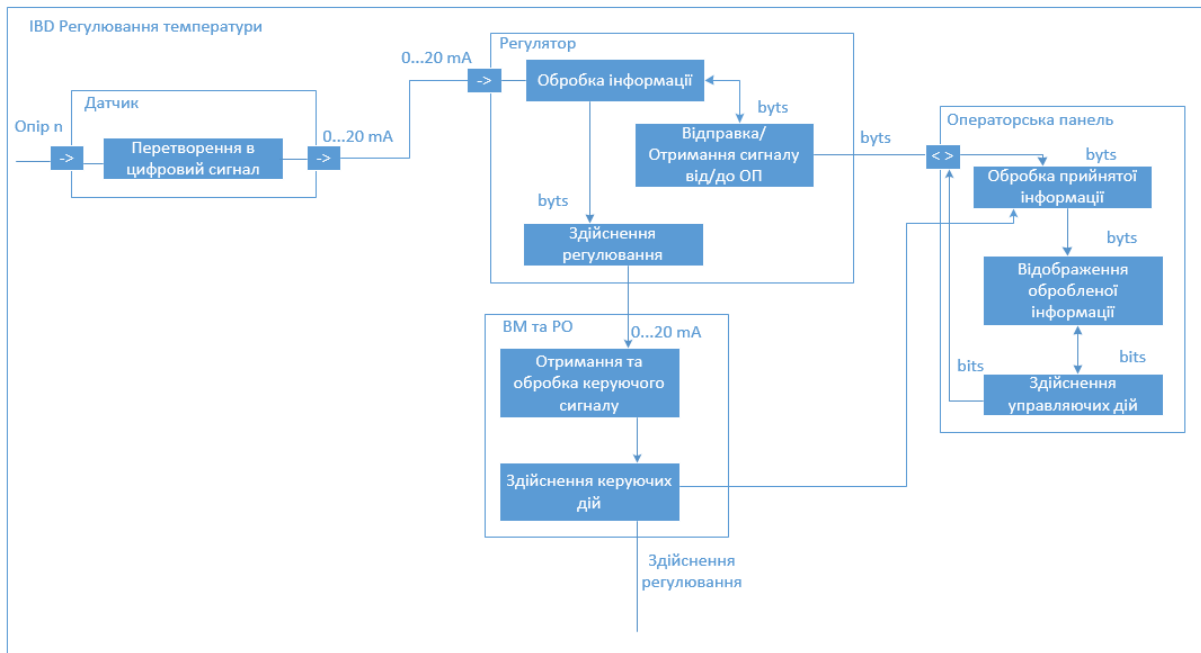


Рис. 3.2.1 Internal block diagram для регулювання температури

На даній схемі зображено як саме буде регулювання температури в випарувальній установці .

Після того, як на датчик прийде певна величина опору всередині датчика буде здійснення перетворення сигналу омів у струмовий сигнал (мА) і сигнал буде надіслано , регулятор проаналізує отриманий сигнал присутніх за той період коли було отримано дані та почне їх обробку. Після чого буде здійснено сигнал в блок ”Здійснення регулювання”. Паралельно з цим за допомогою інтерфейсу з'єднання з контролером буде відправлено на операторську панель. В якій в свою чергу буде здійснено обробку отриманої інформації. Як тільки інформація буде оброблена на екрані оператора оновиться інформація. І оскільки з операторської панелі теж можна здійснювати керування/регулювання процесом, там присутній блок ”Здійснення управляючих дій”. Після переходу в який буде ОП буде відсилати управляючі дії в регулятор. Після здійснення керуючих дій з ОП здійснені дії будуть відображуватися на ОП. Після надсилання керуючих дій в регулятор буде здійснена обробка отриманої інформації і відповідно до отриманої інформації ЯКЩО вона не буде зашкоджувати виробництву(тобто виходити за межі указані при налаштуванні регулятора). Після обробки інформації регулятором буде надіслано сигнал регулювання. в ВМ та РО. В якому сигнал прийде на блок ”Отримання та обробка сигналу” і буде задіяний блок ”Здійснення керуючих дій”. Після здійснення кер. Дій на блок ОП буде надіслано дані про його стан і здійснені дії.

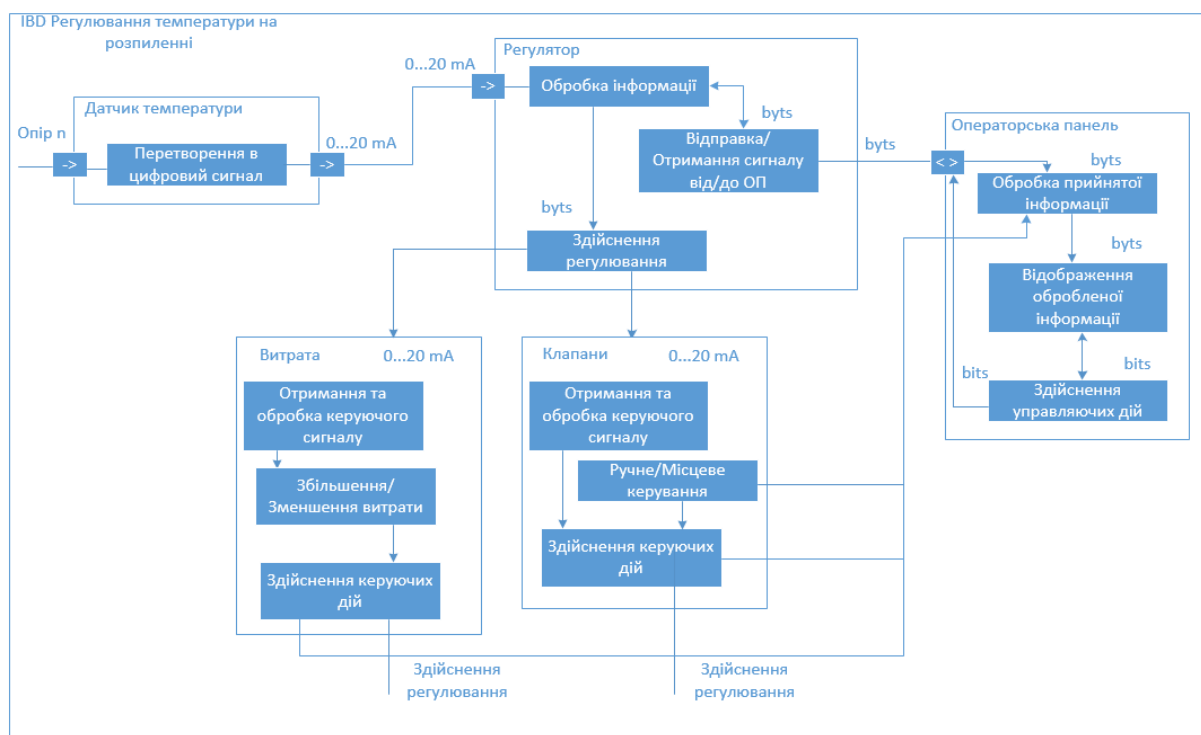


Рис 3.2.2 Internal block diagram для регулювання системи розрилення в сушарці.

Після отримання виміру на датчик омів даний сигнал буде переведено в електричний сигнал в діапазоні 4-20мА для обробки сигналу. Після чого сигнал буде розділятися на відправку до операторської панелі або на здійснення регулюючих дій. Після того як дані віправляються на ОП отриману інформацію буде обчислено та відображено на панелі. Через панель оператора можна здійснювати регулюючі дії (тобто взяти керування на опереторській панелі). Після переводу управління з операторської панелі буде надіслано інформацію про здійснені дії, і якщо дії не будуть порушуватися уставки закладених в регуляторі, то керуючий сигнал буде надісланий на блок здійснення регулювання. Після чого сигнал може розподілятися в залежності від необхідних дій. Після отримання сигналу на блоці Витрати інформація буде надіслано на блок обробки, після чого на збільшення відкриття чи здійснення прикриття потім інформація буде потрапляти на блок здійснення керуючих дій. Інформація з даного блоку відправляється на ОП для оновлення стану інформації та візуалізації здійснених дій.

### 3.3 Визначення параметрів ІСК (Parametric diagram)

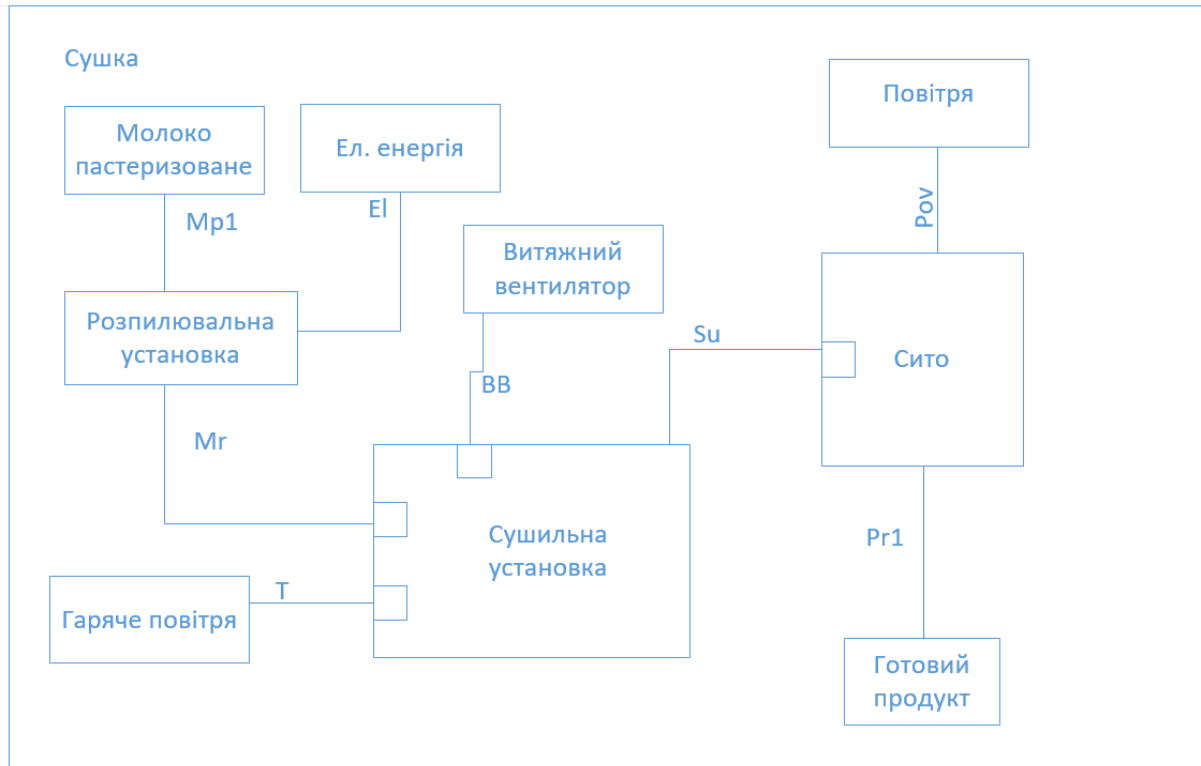


Рис. 3.3.1 Parametric diagram для процесу сушіння (в сушильній установці).

Після випарювальної установки пастеризоване молоко ( $M_{p1}$ ) подається в розпилювальну установку ( $M_r$ ), яка працює за допомогою електричної енергії ( $E_i$ ). Дана розпилювальна установка потребує  $\sim 170$  кВт/год. Потім в сушильну камеру подається гаряче повітря ( $T$ ), в середині сушильної камери повина зберігатися температура  $\sim 160$  С. Відповідний тиск в сушарці забезпечується витяжним вентилятором ( $BV$ ) тиск має бути меншим за атмосферний. Після сушарки продукт ( $S_u$ ) відправляється в сито, де за допомогою подачі повітря ( $P_{ov}$ ) продукт подається далі по лінії. Після сита продукт треба охолодити до температури  $\sim 23$  С, після чого його можна фасувати.

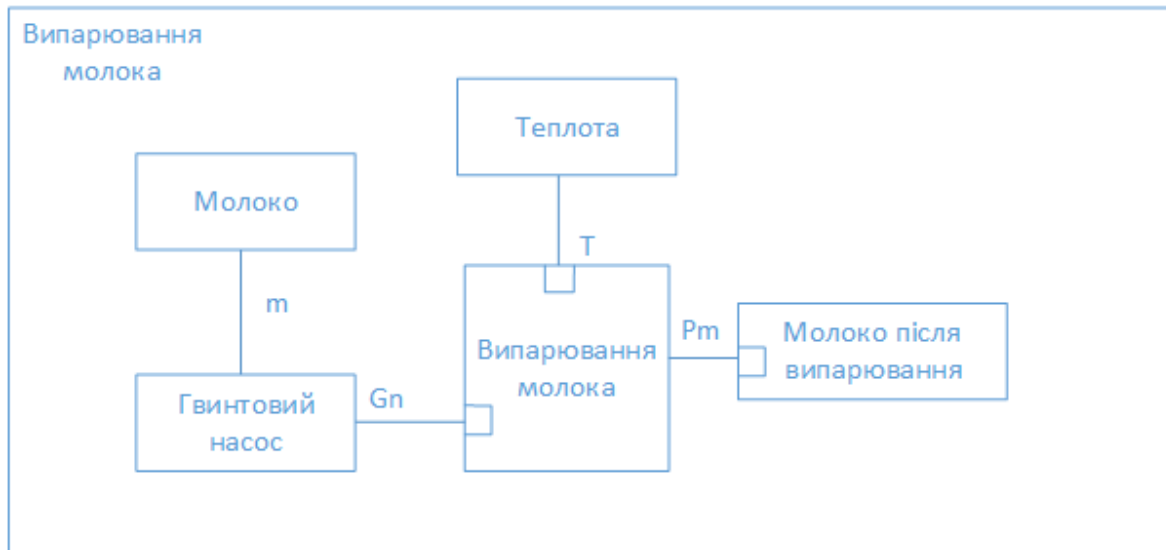


Рис. 3.3.2 Parametric diagram для процесу випарювання молока

В випарювальну установку подається молоко ( $m$ ), гаряче повітря ( $T$ ) та гвинтовий насос ( $Gn$ ).

Молоко ( $m$ ) подається в випарювальну установку за допомогою гвинтового насоса ( $Gn$ ). В випарювальній установці здійснюється регулювання температури шляхом зміни відкриття клапану подачі теплоти ( $T$ ). Температура в випарювальній установці повина витримуватися на рівні  $\sim 90$  C. Після випарювальної установки продукт ( $Pm$ ) проходить далі по лінії.

### 3.4. Створення інтелектуальної підсистеми на основі нейро-нечітких мереж(ННМ)

В даному вікні було вибрано Вікно регулятора на основі правил Мамдані. Вхідні модулі являють собою блоки входу, тобто якщо на них буде присутній певний сигнал вони будуть відсилати даний сигнал далі по ланцюгу в білий блок в якому записані правила регулювання при певних вихідних сигналах з блоків “Температура фактична” та “Витрати”, після чого буде вироблятися регулювальна дія для насосу та потужність роботи насосів.

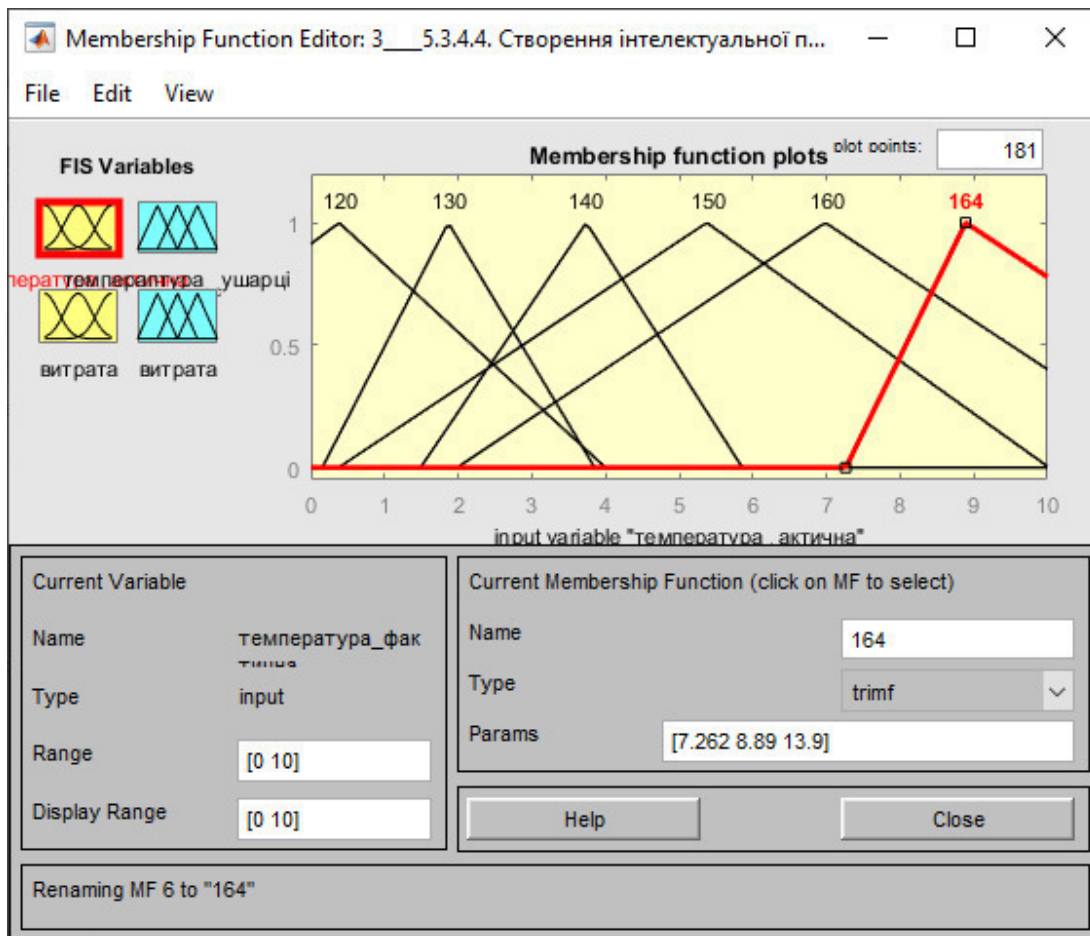
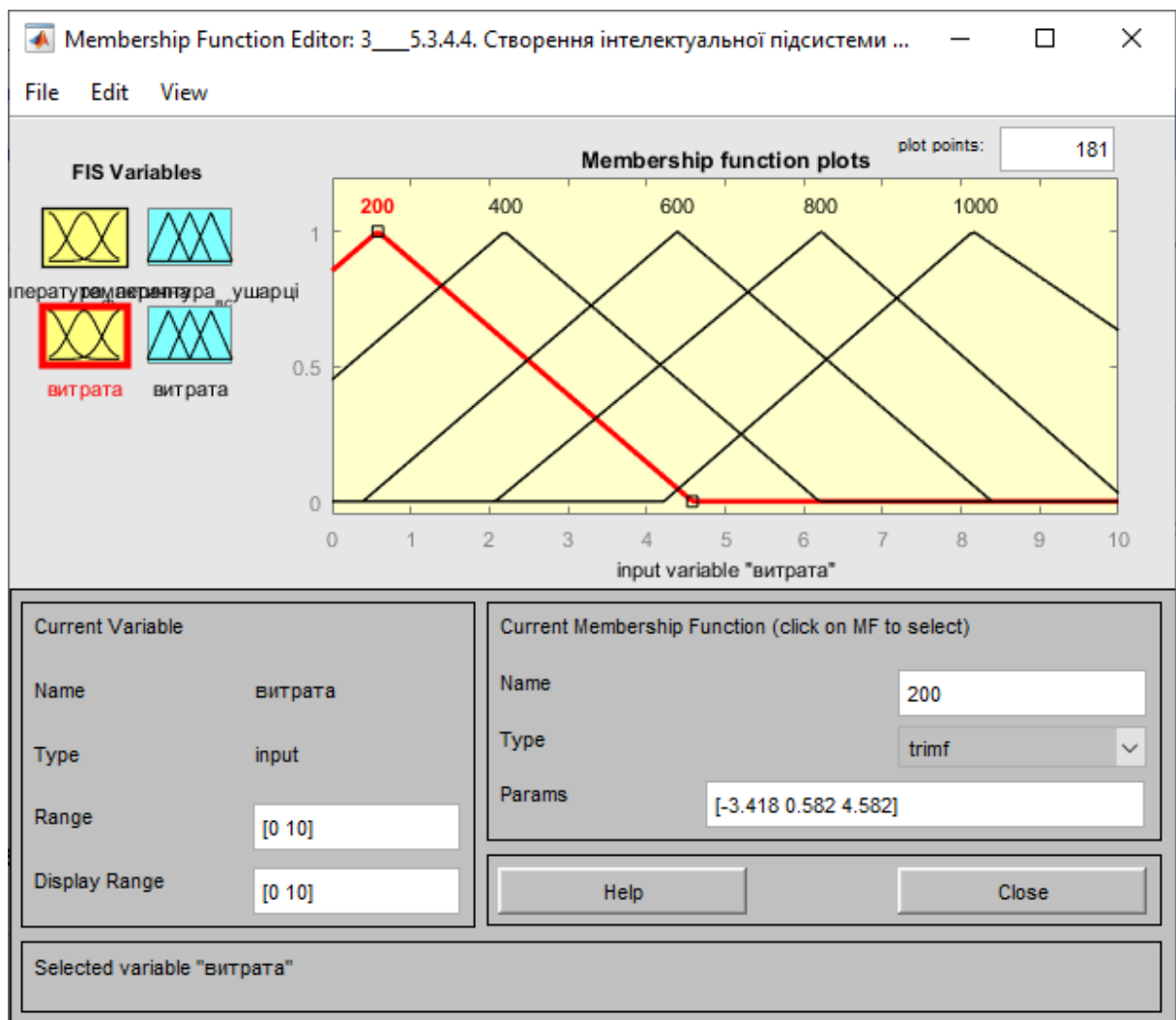


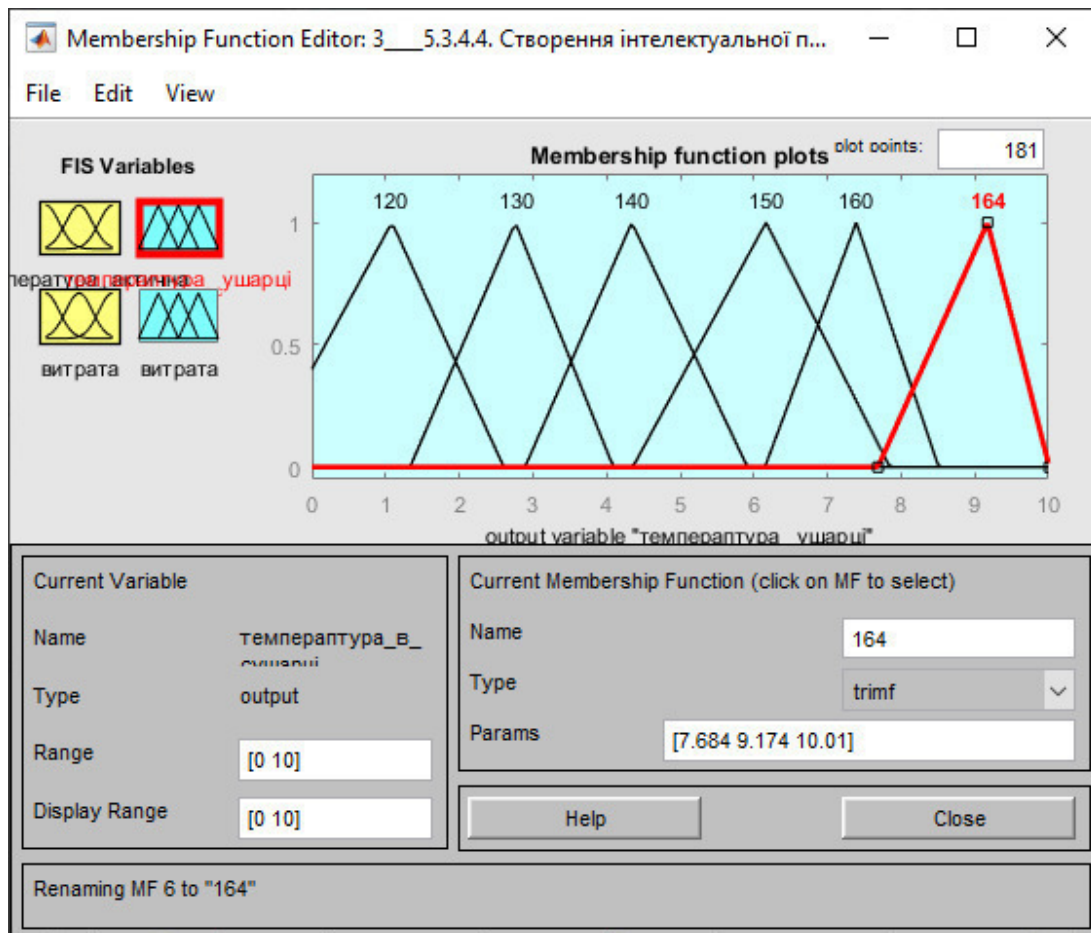
Рис. 5.3.4.5 Налаштування фактичної температури на вході в сушарку

На даному налаштуванні вказано уставки на температуру до сушильної установки. Для зручності було взято крок для вимірювання 10 С, починаючи з 120 С. нижню уставку виконує вимір в 120 С, верхня уставка >164 С (при перевищенні температури більше норми).



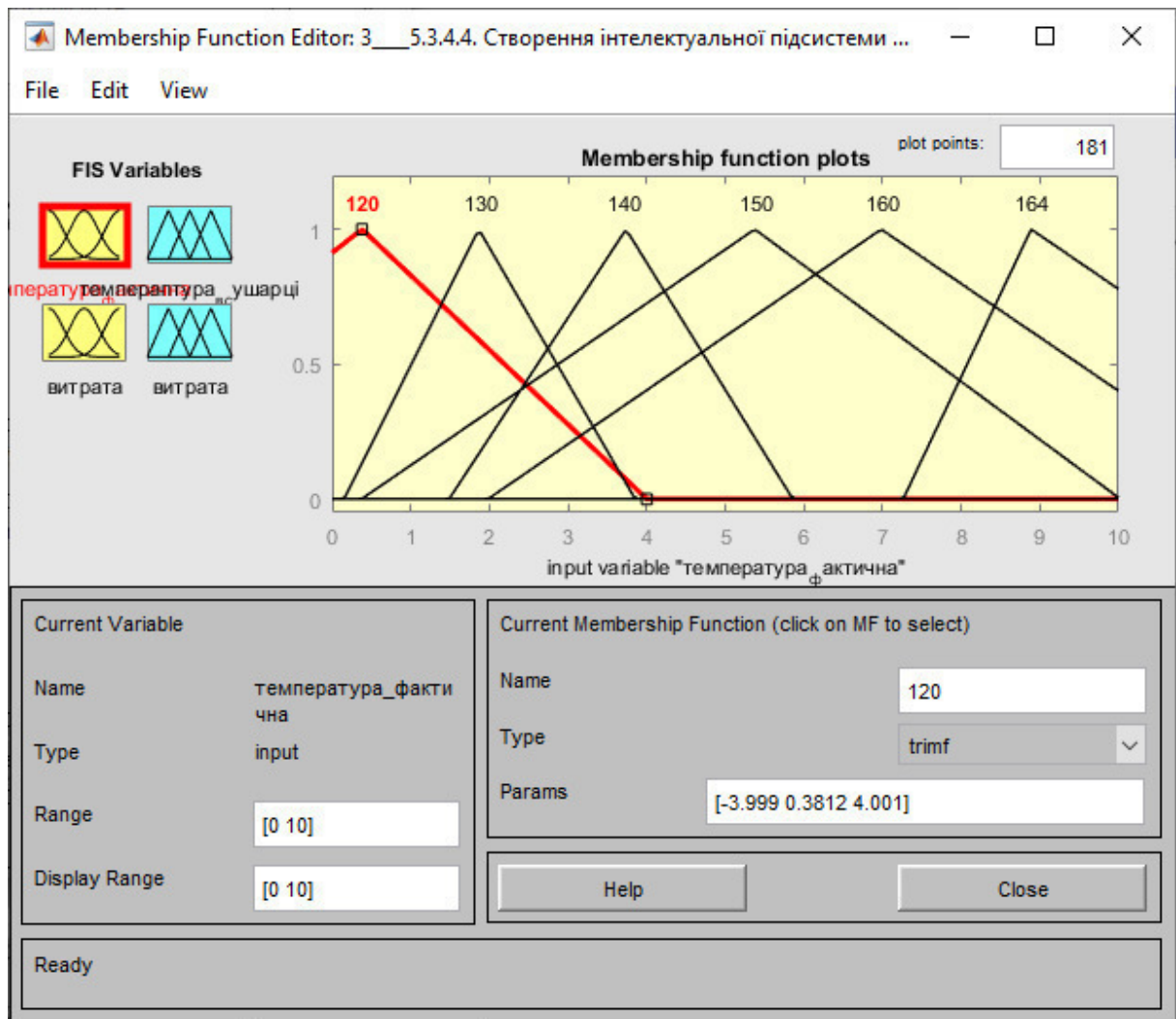
**Рис. 5.2.4.6 Налаштування входу витрати перед сушильною установкою.**

На даному кадрі вказано налаштування входу витрати продукту перед сушильною установкою (з витратою  $\sim 300 \text{ м}^3/\text{год}$ ), для зручності було взято крок в 200 одиниць. Де нижню уставку по вхідним значенням буде 200 одиниць витрати продукції, а верхній ліміт витрати буде 100 одиниць витрати продукції.



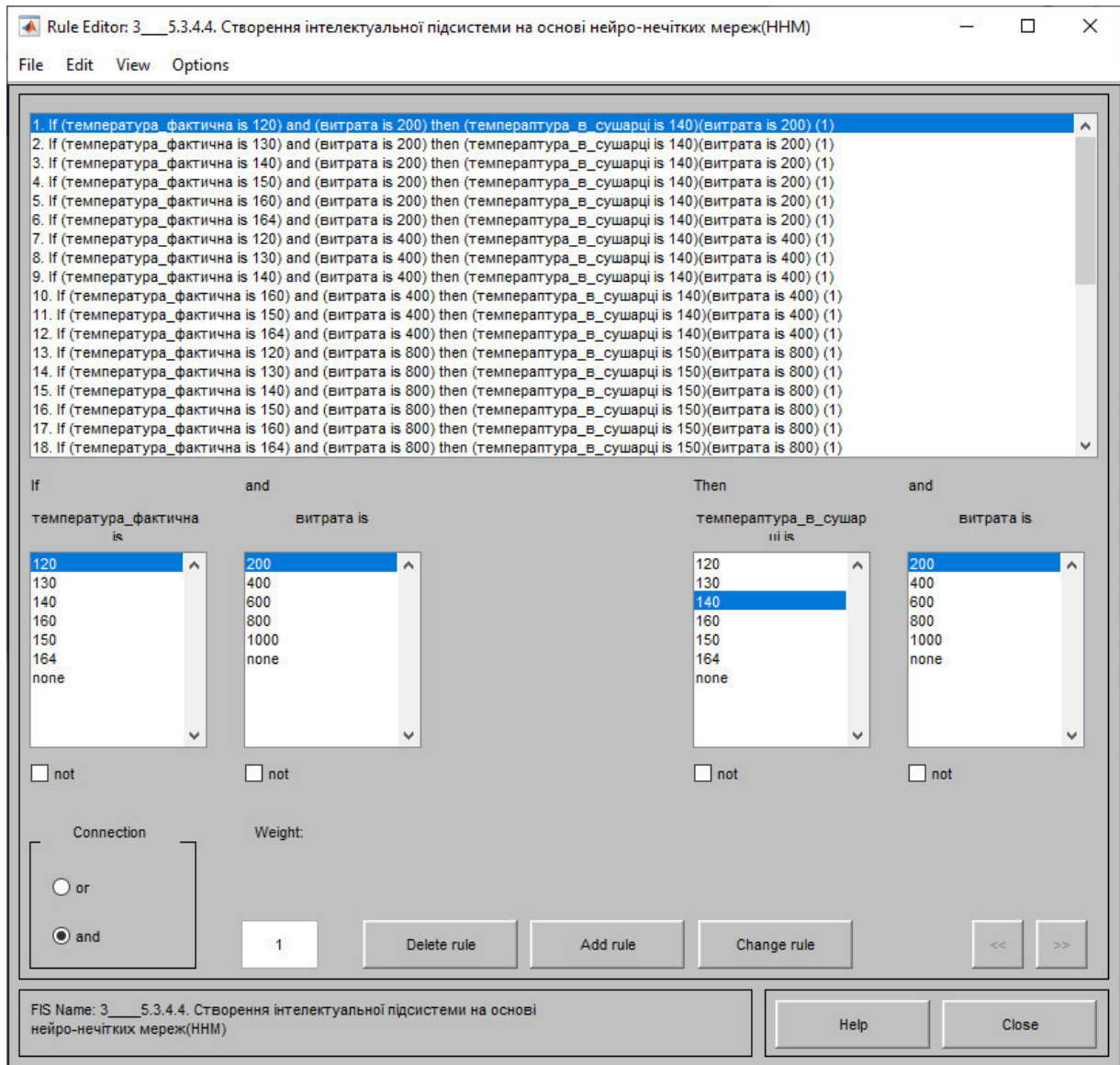
**Рис. 5.3.4.7** Налаштування блоку виходу по температурі в яка на даний момент в сушарці.

На даному кадрі зображений блок уставок по регулюванню температури в сушарці. За крок було взято 10 одиниць теплоти (С), також була взята ідентична шкала як і в блоці для фактичної температури.



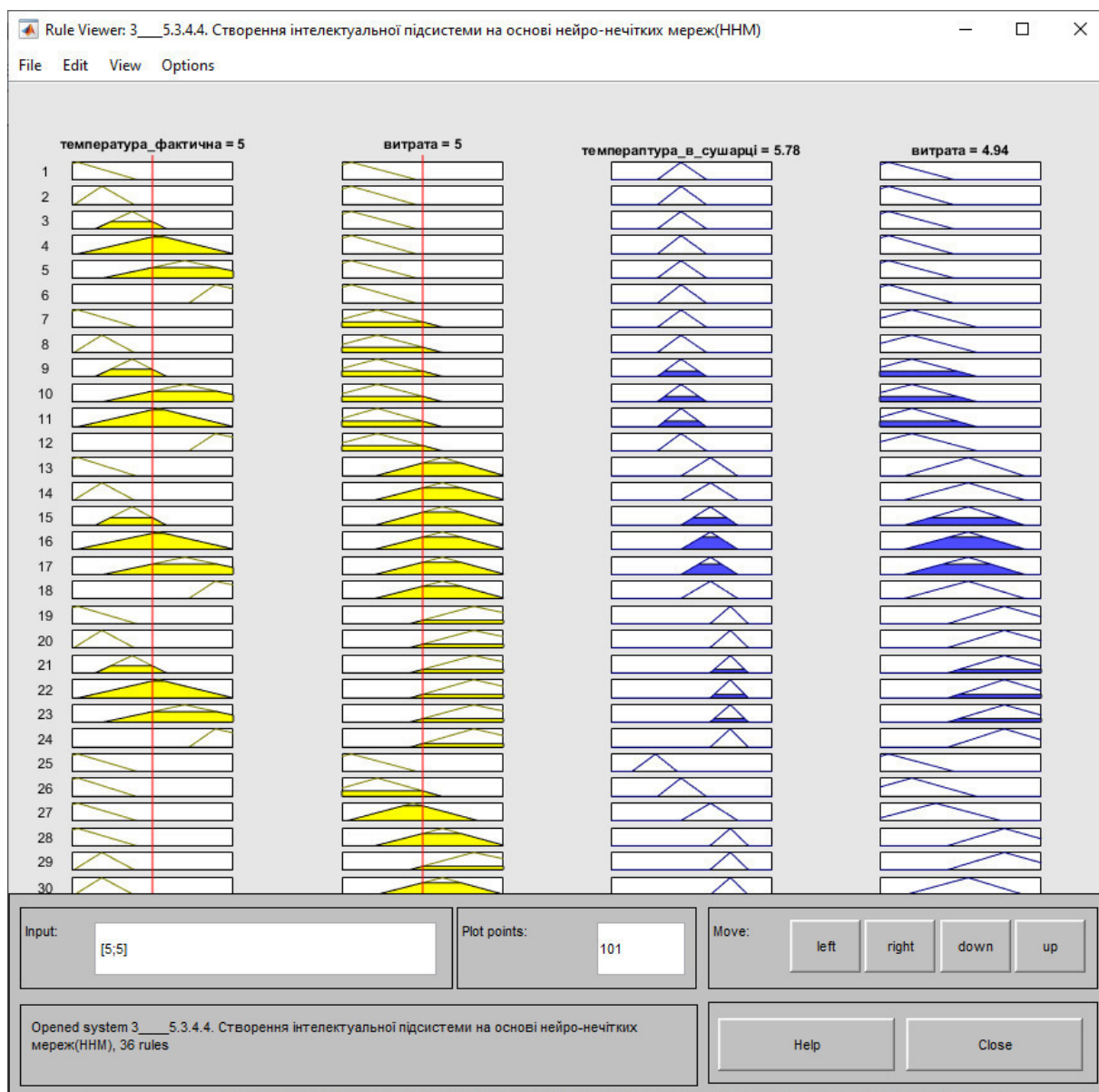
**Рис. 5.3.4.5.8 Блок налаштувань витрати молока з випарювання на сушильну установку.**

На даному кадрі показано налаштування витрати продукції на виході з сушарки. За крок у вимірі було взято таку саму шкалу, як і в блоці вхідних витрат 200 одиниць продукту. Початкова відмітка для витрати продукції буде 200 одиниць витрати, а кінцева відмітка буде дорівнювати 1000 одиниць витрати.



**Рис. 5.3.4.9** Кадр бази правил та їх налаштування

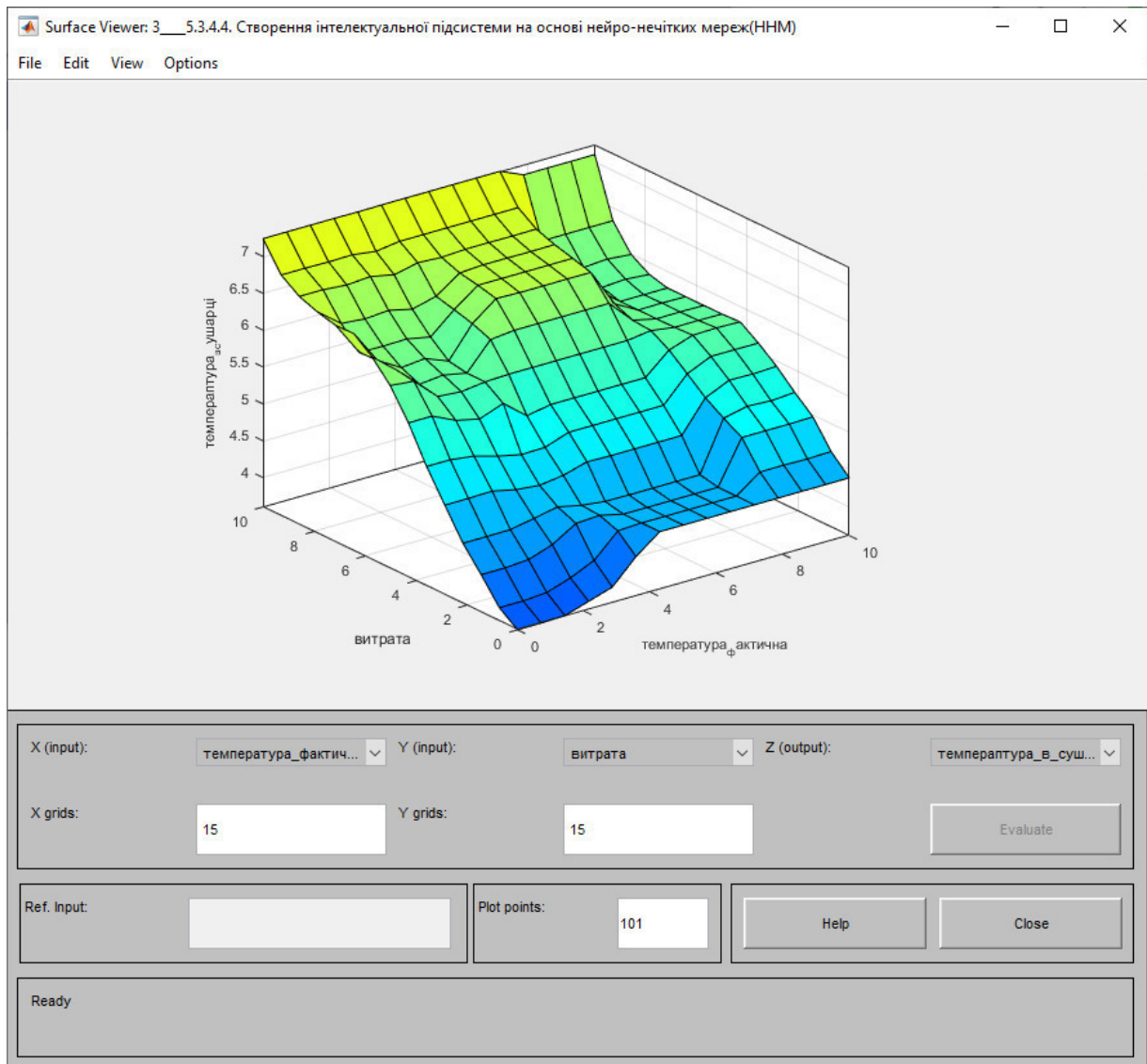
На даному зображено можна налаштовувати базу правил, для більш детального налаштування кадрів можна вибрати пункти "NOT", "OR", "AND". Які відносяться до базових логічних елементів.



**Рис. 5.3.4.10. Вікно правил**

Засіб перегляду правил відображає дорожню карту всього процесу нечіткого виведення. Він базується на діаграмі нечіткого висновку, описаній у попередньому розділі. Ви бачите єдине вікно з 30 графіками, вкладеними в нього. Дані графіки означають попереднє і наслідки першого правила. Кожне правило - це рядок графіків, а кожен стовпець - змінна. Номери правил відображаються зліва від кожного рядка. Ви можете натиснути номер правила, щоб переглянути правило в рядку стану. В даній базі правил було прийнято ~900 можливих комбінацій правил для даної системи. В даних правилах описується взаємодія всіх елементів при всіх можливих сценаріях. Для більш детальної візуалізації необхідно додавати більше змінних в

правила.



**Рис. 5.3.4.10. Графік поверхні відгуку нечіткої моделі регулювання процесу сушіння.**

На даному графіку зображено графік поверхні відгуку нечіткої моделі регулювання процесу сушіння. Даний графік являється Read-Only графіком, тобто на ньому неможна нічого змінювати. Він відображає налаштування бази правил, які були задані у відповідному вікні. У даному вікні є:

-x-grids/y-grids: ( дане налаштування дозволяє змінювати кількість квадратів на площині, тобто при зміні числа в одній з цих комірок буде відбуватися точність/деталізація графіку моделі).

-x(Input)/y(Input): дає вибір між входами, якщо змінити положення між температурою та витратою, то графік повернеться в іншу сторону.

- Plot points: діапазон відображених кольорів

Висновки: в даному розділі показано частину програми (написаній на мові ST) для ПЛК, яка буде реалізована на базі m340 та включати в себе буде наступний тип модулів: модулями аналогового входу VMX AMI 0810, модулями аналогового виходу VMX AMO 0802. Також в даному розділі представлено розробка та моделювання ІСК, розробка бази правил для нечіткої системи та демонстрація графіку поверхні відгуку. Було виконано моделювання поведінки даної системи.

### **Висновок по роботі.**

У даній роботі було зроблено

- 1) аналіз технологічного процесу сушіння молочних продуктів як об'єкту автоматизації;
- 2) аналіз автоматизованих систем керування режимними параметрами процесу сушіння;
- 3) аналіз інформаційного забезпечення, що обумовлює можливість застосування алгоритмів інтелектуального керування;
- 4) оцінка інтеграції моделей інтелектуальної обробки даних в структурі алгоритмів синтезі керуючої дії;
- 5) обґрунтування необхідності вибору методів інтелектуальної обробки даних та керування;
- 6) виконано моделювання поведінки даної системи;
- 7) спроектовано СА для сушіння молока, що включає в себе випарювальну та сушильну установки;
- 8) представлено розробка та моделювання ІСК;
- 9) розробка бази правил для нечіткої системи та демонстрація графіку поверхні відгуку.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глущенко М. С., Луцька Н. М. Дослідження фазових траєкторій при побудові оптимального керування утфельним вакуум-апаратом. *Харчова промисловість*. 2013. № 14. С. 131-136.
2. Трегуб В.Г. Моделирование и управление циклическими технологическими процессами в пищевой промышленности : дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.07. Киев, 1989. 518 с.
3. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства : Москва : Колос, 1998. – 495 с.
4. Хоменко М.Д., Скорик К.Д, Чупахіна В.П., Штангеев К.О. Технологічний процес виробництва цукру з цукрових буряків : правила усталеної практики 15.83-37-106-2007: Нормативне видання. Київ : Цукор України, 2008. 420 с.
5. Технологія цукру = Sugar technology : підручник : в 3 т. Т. 3 : Кристалізація / А. А. Ліпец, В. М. Логвін, К. Д. Скорик та ін. ; за ред. В. М. Логвіна, А. І. Українця; Нац. ун-т харч. технол. Київ : Експрес-об'ява, 2015. 208 с.
6. Ладанюк А. П., Кишенько В. Д., Луцька Н. М., Іващук В. В. Методи сучасної теорії управління : Київ: НУХТ, 2010. 196 с.
7. Глущенко М. С. Моделювання і оптимальне керування періодичними процесами в утфельних вакуум-апаратах : дис. ... к-та техн. наук: 05.13.07. Київ, 2008. 196 с.
8. Канавалов И.А., Уваров С.Г., Третьянов А.А. Современные технологии процесса получения диффузионного сока в свеклосахарном производстве. *Тенденции развития науки и образования*. 2017. № 26–1. С. 42–43.
9. Мирончук В.Г. Розроблення способів та удосконалення апаратів для промислової кристалізації цукристих речовин : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12. Київ, 2000. 38 с.

10. Волошин З.С., Макаренко Л.П., Яцковский П.В. Автоматизация сахарного производства. 2-е изд., перераб. и доп.: Москва : Агропромиздат, 1990. 271 с.

11. Скаковський Ю.М., Бабков А.В., Мандро О.Ю. Модернізація системи автоматизованого керування вакуум-апаратом періодичної дії цукрового виробництва на базі технічних і програмних засобів українського виробництва. *Automation of technological and business processes*. 2019. С. 4 - 14

12. Системи автоматизації вакуум-апаратів І продукту : веб-сайт. URL: <https://automatics.org.ua/sistemi-avtomatizatsiyi-vakuum-apatativ-i-produkty/> (дата звернення 30.11.2020).

13. Система автоматизації вакуум-апаратів І продукту. Агарський цукровий завод [Електронний ресурс] // URL: [https://www.magma.com.ua/projects/agara/agara\\_val1.php](https://www.magma.com.ua/projects/agara/agara_val1.php) (дата звернення: 01.12.2020).

14. Buinsk sugar factory (Tatarstan) [Електронний ресурс] // URL: <https://techinservice.com.ua/projects/buinskij-sakharnyj-zavod-tatarstan-2/> (дата звернення : 03.12.2020).

15. Вакуум апарати цукрозвод [Електронний ресурс] // URL: <https://sites.google.com/prod/view/i4uinua/home?authuser=0> (дата звернення : 04.12.2020).

16. Прокопенко Ю. В., Ладанюк А. П., Сокол Р. М. Визначення нештатних ситуацій при роботі вакуум-апарата періодичної дії. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 6(3). С. 22-27.

17. Akinuwesi B. A., Uzoka F.-M. E., Olabiyisi S. O., Omidiora E. O. A framework for user-centric model for evaluating the performance of distributed software system architectureExpert. *Systems with Applications*. 2012. Vol. 39, № 10. P. 9323–9339.

18. Прокопенко Ю. В., Ладанюк А. П. Застосування бази знань при управлінні комплексом вакуум-апаратів періодичної дії. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2015. № 3/2 (23). С. 16–20.

19. Девятков В. В. Системы искусственного интеллекта : учеб. пос. Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 352 с.

20. Якимова Е. В. Система оперативного управления процессом подготовки нефти в нештатных ситуациях. *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*. 2011. № 3. С. 4–16. URL: [http://ogbus.ru/authors/Yakimova/Yakimova\\_1.pdf](http://ogbus.ru/authors/Yakimova/Yakimova_1.pdf) (дата звернення 12.12.2020).

21. Прокопенко Ю. В., Ладанюк А. П., Сокол Р. М. Использование фреймовых структур в системах координации и управления комплексом вакуум-аппаратов периодического действия. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 5/3 (25). С. 38–42.

21. Скаковский Ю.М. Автоматизированная система управления технологическими потоками и производительностью сахарного завода : дис. ... к-та техн. наук: 05.13.07. Одесса, 1987. 319 с.

22. Белостоцкий Л. Г. Интенсификация технологических процессов свеклосахарного производства : Москва: Агропромиздат, 1989. 223 с.

23. David Emerson. What Does a Procedure Look Like? The ISA S88.02 Recipe Representation Format Yokogawa Corporation of America 2155 Chenault Drive Suite 401 Carrollton, TX 75006 (972) 417-2753. *World Batch Forum North American Conference San Diego, CA April 1999*

24. Самсоненко, Д. В. Впровадження міжнародних стандартів проектування автоматизованого цукрового виробництва : дис. ... магістр : 8.091401. Київ, 2018. 154 с.

25. Силин П. М. Технология сахара : – Москва: Книга по Требованию, 1967. 625 с.

26. Настанова щодо експлуатування ПРМК.421457.005 РЭ1 Контролер мікропроцесорний МІК-51 [Електронний ресурс] // URL: [http://www.microl.ua/index.php?option=com\\_jdownloads&Itemid=72&task=finish&cid=430&catid=219](http://www.microl.ua/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=72&task=finish&cid=430&catid=219) (дата звернення : 12.01.2021).

27. Ладанюк А.П., Решетюк В.М., Кишенько В.Д., Смітюх Я.В. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 280 с.

28. Зігунов О.М., Кишенько В.Д. Аналітичні задачі підсистеми технологічного моніторингу дифузійного відділення цукрового заводу. *Цукор України*. 2012. № 6 - 7 (78-79). С. 32-37.

29. Зігунов О. М. Підсистема технологічного моніторингу в системах управління складними технологічними комплексами харчових виробництв (на прикладі дифузійного відділення цукрового заводу): дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07. Київ, 2012. 219 с.

30. Рыжов А.П. Информационный мониторинг сложных процессов: технологические и математические основы. *Интеллектуальные системы*. 2008. Том 11, вып. 1-4. С. 101-136.

31. Бройдо В.П., Крылов В.С. Научные основы организации управления и построения АСУ : Москва : Высшая школа, 1990. 320 с.

32. Кишенько В.Д. Задачі технологічного моніторингу в системах керування виробничими процесами технологічних комплексів. *Автоматизація виробничих процесів*. 2006. №2(23). С. 48–52.

33. Systems Modeling Language [Електронний ресурс] // URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Systems\\_Modeling\\_Language](https://uk.wikipedia.org/wiki/Systems_Modeling_Language) (дата звернення : 12.01.2021).

34. Настанова щодо експлуатування ПРМК.421457.005 РЭ2 Контролер мікропроцесорний МІК-51 [Електронний ресурс] // URL:

[http://www.microl.ua/index.php?option=com\\_jdownloads&Itemid=72&task=finish&cid=430&catid=219](http://www.microl.ua/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=72&task=finish&cid=430&catid=219) (дата звернення: 18.01.2021).

35. Панели оператора Weintek, серія MT8000iE [Електронний ресурс] // URL: <https://www.weintek.net/paneli-operatora-weintek-MT8000iE/> (дата звернення: 19.01.2021).

36. SCADA TRACE MODE [Електронний ресурс] // URL: <http://www.tracemode.ua/> (дата звернення: 19.01.2021).

37. Ладанюк, А. П., Смітюх Я. В. Задачі управління технологічним комплексом в умовах ситуаційної невизначеності. Міжнародна науково-технічної конференції цукровиків України "Конкурентоспроможність українського цукру на національному та світовому ринках - вимога часу", 25-27 березня: тези доп., м. Київ. : НУХТ. 2014. С. 149-151.

38. Сокол Р. М., Смітюх Я. В. Автоматизація управління продуктивним відділенням на основі інтелектуальних систем. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси.* 2015. № 11. С. 83-88.

39. Сокол Р. М., Смітюх Я. В. Розробка нечітких алгоритмів для керування продуктивним відділенням цукрового заводу. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* 2015. № 3(2). С. 48-53.

40. Мишта П. В., Бызов П. Г., Васильева Е. В., Нечеткая логика – современный путь развития теории управления. *Известия ВолгГТУ.* 2010. № 3. С. 139–142.

41. Барсегян А.А. Куприянов М.С., Степаненко В.В. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining : СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 336 с.

42. Зігунов О.М., Кишенько В.Д. Фільтрація оперативної інформації в підсистемі технологічного моніторингу дифузійним відділенням цукрового заводу. *Східно-Європейський журнал передових технологій.* 2010. 1/7 (43). С. 10-13

43. S. Mallat. A wavelet tour of signal processing. Academic Press. 1999. 637 p.

44. Витязев В.В. Вейвлет-анализ временных рядов: Учеб. пособие : СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. 58 с.
45. Зігунов О.М., Кишенько В.Д. Патерн-аналіз вхідної інформації в підсистемі технологічного моніторингу дифузійного відділення цукрового заводу. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. Дніпропетровськ: ДНУ ім. Олеса Гончара. 2011. С. 109-117.
46. Interactive Wavelet Plot [Електронний ресурс] // URL: <http://ion.researchsystems.com/IONScript/wavelet> (дата звернення: 25.01.2021).
47. Зігунов О.М., Кишенько В.Д. Дослідження процесів екстрагування цукру нейромережевими методами для задач технологічного моніторингу. *Харчова промисловість*. 2010. №9. С. 155-159.
48. Дебок Г., Кохонен Т. Анализ финансовых данных с помощью самоорганизующихся карт: Пер. с англ.: – М.: Издательский Дом "АЛЬПИНА", 2001. 317 с.
49. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей : М.: изд. СССР-США СП "ПараGraph", 1990. 160 с.
50. А.А. Ежов, Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его приложения в экономике и бизнесе : М. : МИФИ, 1999. 222 с.
51. Т. Kohonen. Self-Organization and Associative Memory: Springer–Verlag, Berlin, Heidelberg, 1984. 255 p.
52. Deductor Studio Academic 5.1 [Електронний ресурс] // URL: <http://www.basegroup.ru/download/deductor/> (дата звернення: 27.01.2021).
53. Ладанюк А.П., Луцька Н.М., Смітюх Я.В., Кишенько В.Д. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс]. – К.: НУХТ, 2020. – 70 с.