

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)  
\_\_\_\_\_ Форсюк А.В. \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Ельперін І.В. \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«10» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності : 151 « Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології »  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми : «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування»

на тему: «Автоматизація системи керування процесом варіння пивного сула з використанням інтелектуальних підсистем».

Виконав: здобувач 2 курсу, групи AI-2-1M

Житко Олександр Юрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Самсонов В.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_ (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»

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач

кафедри \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Житка Олександра Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи " Автоматизація системи керування процесом варіння пивного сула з використанням інтелектуальних підсистем "

керівник роботи Ладанюк Анатолій Петрович проф.

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. Розділ 1. Характеристика об'єкта дослідження ,аналітичний огляд літератури та постановка задачі дослідження . 1.1.Характеристика об'єкта дослідження .1.2.Огляд літератури. 1.2.1.Загальні принципи алгоритмізації та побудови систем керування. 1.2.2.Цілі і об'єкти виявлення і діагностики неполадок. 1.2.3.Види неполадок та імовірності їх появи. 1.2.4.Проектування систем виявлення і діагностики неполадок. 1.2.5.Техніка виявлення та діагностика неполадок. 1.2.6.Випробування,які проводяться для виявлення та діагностики неполадок. 1.2.7.Усунення несправностей. 1.2.8.Діагностика ТЗА на предмет використання в системах автоматизації. 1.2.9.Методи розпізнавання образів у виявленні та діаностиці неполадок. 1.2.10.Контрольні карти процесу. 1.2.11.Контрольні карти для кількісних даних. 1.2.12.Контрольні карти для альтернативних ознак. 1.3.Постановка задач дослідження. Розділ 2 Загальносистемні рішення .2.1.Розробка підсистеми управління технологічним процесом. 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.Визначення проблеми синхронізації підсистем(Sequence diagram).Розділ 3 3.1.Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи. 3.2. Реалізація візуальних інструментів діагностики в середовищі Matlab. 3.3.Розробка та моделювання ІСК. 3.3.1.Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних. 3.3.2.Розробка бази правил для нечіткої системи. 3.3.3.Побудова нечіткого регулятора.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації. 2.Requirement diagram. 3.Use Case diagram. 4.BDD. 5.State Machine diagram. 6.Activity diagram.

6. Консультанти розділів роботи

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

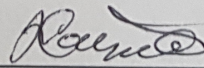
7. Дата видачі завдання 18 листопада 2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

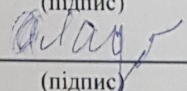
№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1. Характеристика об'єкта дослідження ,аналітичний огляд літератури та постановка задачі дослідження .	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2. Розробка підсистеми управління технологічним процесом.	3 тиждень	
4	Розділ 2. Опис функцій, що інтелектуалізуються. .Розробка вимог до ІСК(Requirements diagram).	5 тиждень	
5	Розділ 2. Визначення функцій користувачів(Use Case diagram). Розробка BDD технологічної ,технічної та інформаційної складових системи. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК.	7 тиждень	
6	Розділ 3. Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи. Реалізація візуальних інструментів діагностики в середовищі Matlab.	11 тиждень	

Здобувач Житко О.Ю

Керівник роботи Ладанюк А.П

  
\_\_\_\_\_

(підпис)

  
\_\_\_\_\_

(підпис)

### Анотація

Дана магістерська робота розроблена на тему: "Автоматизована система керування процесом варіння пивного сусла з використанням інтелектуальних підсистем".

В роботі було проаналізовано основні способи діагностики ТЗА, моніторингу технологічного процесу, реалізація регулятора витрати затору на фільтр-прес на основі методів нечіткої логіки. Синтезований нейрорегулятор NN Predictive Controller для регулювання витрати в фільтр-прес. Розроблена інтелектуальна система управління процесом фільтрації затору, система підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки.

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

DD.

ка

### **Annotation**

This master's thesis is developed on the topic: Automated control system for brewing wort with the use of intelligent subsystems.

The main methods of diagnostics of MAL, monitoring of technological process, realization of regulator of a congestion expense on a filter press on the basis of methods of fuzzy logic were analyzed in the work. Synthesized neuroregulator NN Predictive Controller to control the flow in the filter press. An intelligent control system for the congestion filtering process and a decision support system based on fuzzy logic have been developed.

The base of knowledge of fuzzy logic is developed, linguistic approximation of input and output variables is carried out, functions of belonging of input and output sizes are created. A base of rules for a fuzzy system has been developed.

## Зміст

Зміст.....	1
Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....	3
1.1 Характеристика об'єкта дослідження .....	3
1.2 Огляд літератури .....	8
1.2.1 Аналіз існуючих систем інтелектуального управління.....	8
1.2.3 Прогнозування в системах управління процесу .....	20
1.2.4 Загальні підходи до управління технологічним процесом за нейронних мереж .....	21
1.2.5. Генетичні алгоритми .....	27
1.2.6 Використання нечіткої логіки в системах автоматичного управління.....	34
1.2.7 Нечітка логіка в з ПД регулюванням .....	38
1.2.8 СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ .....	12
1.2.9 Вибір методу прогнозування .....	43
1.3 Постановка задачі роботи .....	45
Розділ 2 – Загальносистемні рішення .....	47
2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом ...	47
2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються .....	53
2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram .....	54
2.4. Визначення функцій (Use Case diagram) .....	56
2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи. ....	59
2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК.....	60
2.6.1. життєвого циклу ІСК та її процесів (State Machine diagram, diagram) ....	60
2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації (Sequence diagram) .....	62
Розділ 3 – Розробка та програмного забезпечення ІСК .....	64
3.1 Принцип побудови нейрорегулятора NN Controller.....	64

3.2 Виистання моделі нейромережевого регулятора рішення задач для керування витратою суслу на фільтрування .....	67
3.3. Формування керувального діянннн виистанням нейромережевого регулятора.....	69
3.3.1 системи керування. Обґрунтування методу та режиму навчання регулятора.....	70
Висновки до пункту .....	77
3.3.2. Аналіз результатів моделювання. точності часткових розв'язків задачі керування нейромережевим регулятором.....	78
3.4. Розробка та моделювання ІСК.....	82
3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних.....	83
3.4.2. Розробка бази правил для нечіткої системи. результатів роботи системи .....	89
3.5 Побудова нечіткого .....	91
ВИСНОВОК .....	93
Список виистаної літератури.....	95

# Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Характеристика об'єкта дослідження

Кип'ятіння сусла з хмелем є невід'ємним дуже важливим технологічним процесом. При цьому відбувається екстрагування і перетворення і ароматичних речовин хмелю (охмелювання сусла), осаджування високомолекулярних білків, інактивація ферментів, стерилізація сусла, утворення редуцувальних речовин, частини води, яка впливає на кінцеву якість пива. Тому важливо правильно проводити даний процес, оскільки як від нього залежить якість кінцевого продукту, економіка і конкурентоспроможність галузі/підприємства в цілому. Отримане пиво та пивні продукти в процесі фільтрування кип'ятять протягом 1-2 год із додаванням хмелю. При кип'ятінні пива в нього переходять гіркі й ароматичні речовини хмелю, одночасно коагулюють. Кип'ятіння сусла ведуть у суслеварочних котлах, у яких створюються всі потрібні умови для інтенсивного кип'ятіння сусла. Кінцевим продуктом після стадії кип'ятіння є охмелений розчин сусла.

Суслеварильний котел. У суслеварильному котлі розчин сусла інтенсивно кип'ятять на протязв 60-70 хв, і тому котел повинен бути обладнаний потужним теном, для підігріву. Із часом відбувалася зміна та заміна способів обігріву котла, що змінило і форму. По типу обігріву суслеварильних котлів розрізняють:

1. суслеварильні котли з потужним прямим обігрівом;
2. суслеварильні котли з потужним паровим обігрівом;
3. суслеварильні котли, які обігріваються гарячою водою.

У цей час частіше виористовується сусловарильного котла за допомогою пари. Останнім часом здобувають популярність сусловарильні з кип'ятінням при низькому надлишковому тиску. Основна ідея кип'ятіння при надлишковому тиску полягає в тому, що ряд біохімічних процесів перетворення протікає швидше, якщо тиск, а з ним і температура кип'ятіння 100°C.

Сусловарильні котли при низькому надлишковому тиску виготовляються як герметичні агрегати/котли, розраховані на максимальний надлишковий тиск 5 бар, і поставляються з необхідною для цього запірною арматурою на випадок збільшення тиску й утворення вакууму. Підігрів сусла відбувається за допомогою винесеного кип'ятильника. Конденсатор вторинної пари розраховують відповідно на рівень тиску агрегати/котлі, так що може використовуватися більш висока температура вторинної пари.

Кип'ятять сусло 60-70 хвилин при 103-106°C. Ступінь при кип'ятінні з виистанням низького надлишкового тиску близько 6 Бара, що утворюється конденсується у конденсаторі.

Кип'ятіння виконують в розташованому поза межею котла виносному кип'ятильнику, який прокачують розчин сусла, або у внутрішньому кип'ятильнику, при виистанні якого нагрівається в котлі.

#### Хміль та хмелепродукти

Хміль - багаторічна рослина сімейства конопляних, наземна частина рослини щорічно розвивається від еня. Культуру розводять шляхом висадки обрізаних підземних пагонів.

Хміль надає приємний гіркий смак та специфічний аромат, сприяє видаленню з пивного сусла певних білків, як антисептик подавлює розмноження мікроорганізмів, утворюючи нормальні умови життєдіяльності дріжджів, збільшує піностійкість та біологічну стійкість пива. Найбільшу цінність являють специфічні складові частини хмелю - речовини, хмелеве масло дубильні речовини.

Гіркі речовини хмелю являються найбільш цінними складовими частинами, не зустрічаються в інших рослинах. В групу гірких речовин власне хмелеві смоли (м'яка  $\alpha$ -смола, м'яка ( $\beta$ -,  $\gamma$ -смола) та гіркі хмелеві  $\alpha$ - та ( $\beta$ -. Хмелеві смоли - амфорні речовини, а гіркі  $\alpha$ - та кислоти - кристалічні .

Хімічний склад хмелю в середньому характеризується даними:

Гіркі речовини є в хмелі мають велику молекулярну масу, погано розчиняються у воді, в солодовому суслі дають високодисперсні розчини та лише частково справжні солей гірких кислот, розчинність гірких речовин залежить від рН середовища вона збільшується також у випадку значного вмісту карбонатних солей та в рідині стійко розчинних білкових речовин. Розчинність гірких речовин хмелю при збільшенні лужного середовища та знижується із збільшенням кислотності.

При кипінні сусла з хмелем дубильні речовини покращують процес коагуляції білків та сприяють осадженню їх з розчину охолодженні сусла.

В хмелі міститься значна кількість целюлози, яка в виготовлення сусла не змінюється та повністю переходить в хмелеву дробину.

Гіркі речовини хмелю являють собою без азотні зв'язки важкого складу. В них розрізняють п'ять основних складових частин: гіркі та  $\beta$ - кислоти; м'які  $\alpha$ - та  $\beta$ - смоли та  $\gamma$ - смоли. Найбільш вивчені  $\alpha$ - кислота ( $C_{21}H_{30}O_5$ ) - гумулон  $\beta$ - кислота ( $C_{26}H_{38}O_4$ ) - лупулон.

Гіркі речовини хмелю мають молекулярну масу, погано розчиняються в воді, при кипінні в солодовому дають високодисперсні розчини та лише частково справжні розчини солей гірких , розчинність гірких речовин залежить від рН середовища; вона збільшується у випадку значного вмісту карбонатних солей та наявності в рідині розчинних білкових речовин.

Розчинність гірких речовин хмелю росте при збільшенні середовища та меншає із збільшенням кислотності. Встановлена висока антибіотична активність даних речовин хмелю по відношенню до ряду організмів,

сприяючих пивоварному бізнесу/виробництву, молочно кислих мікроорганізмів та сарцинів.

Дубильні речовини можна знайти в шишках хмелю в кількості 2-5%. Розподіляються вони по невеликим частинам шишки таким чином: в листочках їх 74%, лупуліні 22%, в стеблах 4%.

Застосування хмільних продуктів дає переваги, а саме:

- завдяки застосуванню гомогенних хмільних продуктів можна одержати гіркоту пива;
- хмелепродукти можна зберігати практично необмежений час; вихід гірких речовин;
- стають непотрібними хмелевідбірники;
- хмелепродукти можна автоматично.

Найпоширеніші хмелепродукти - це гранульований хміль і екстракти хмелю.

Гранули в порівнянні з шишкоподібним хмелем збільшують вихід гірких речовин приблизно на 53%. Як розчинник при виробництві хмельових екстрактів сьогодні виистовують переважно С0 або етанол. Отриманий за допомогою С02 екстракт хмелю в час знаходить широке застосування.

В готове сусло переходить лише 30% всіх гірких речовин хмелю. Втрати гірких речовин хмелю проходять також при бродінні та . На величину втрат впливають способи внесення та тривалість кипіння його суслом.

Способи внесення його в сусло різноманітні та залежать від і кількості хмелю, а також від потрібної степені охмеління сусла. хміль в один, два, три та навіть чотири способи.

Процеси, відбуваються при кип'ятінні сусла

Фільтроване перше сусло й промивні води у сусловарильний апарат і піддають кип'ятінню й охмелінню протягом 1- годин. Метою кип'ятіння є стабілізація складу сусла й ароматизація його . Кип'ятінням досягається упарювання сусла до встановленої для кожного сорту пива , екстрагування із

хмелю ароматичних і гірких речовин, інактивація ферментів, коагуляція і стерилізація сусла, а також підвищення кислотності та кольоровості сусла.

утворюють великі хлоп'я, а сусло освітлюється. Великий вплив на цей процес оказують дубильні речовини солоду та хмелю, а також рН сусла. речовини хмелю, добре розчинні в воді, володіють здатністю осаджувати білки, тому числі й неосаджувані дубильні речовини солоду.

Основним джерелом спеціальної гіркоти при охмелінні сусла є  $\alpha$ -кислота (гумулон), при кипінні ізомеризується перетворюючись в ізогумулон; добре розчинний в , в той час як  $\alpha$ - і  $\beta$ -кислоти в воді в суслі слабо розчиняються. Гіркі, ароматичні та дубильні речовини хмелю, при кипінні сусла в розчин, надають суслу своєрідний гіркий смак аромат, характерний для даного сорту пива.

Дубильні речовини хмелю й повністю розчиняються в суслі й зв'язуються з його білками. З із солоду в затор попадає велика кількість різних мікроорганізмів, які їх не знищити, можуть швидко викликати псування пива. При кип'ятінні всі мікроорганізми, що втримуються в суслі, гинуть.

Невелика частина різних хмільового масла при кип'ятінні сусла видалається з водяними парами. Але фракції хмільового масла перетворюється в нелетку речовину, що залишається в якості ароматозносія.

При кип'ятінні сусла повністю знищуються ще збережені ньому в невеликій кількості ферменти. Кислотність сусла трохи підвищується, тому меланоїдини, що утворюються при кип'ятінні дають кислу реакцію, і, крім , деяку частину кислотності вносить хміль. Величина рН при повному наборі суслотварильного котлі без підкислення затору становить близько 5,5-5,, а рН гарячого охмеленого - близько 5,4-5,5.

Охмеління відбувається СО<sub>2</sub>-екстрактом хмелю (4%) та ізомеризованим гранульованим (96%). Для охмеління сусла гранульованим хмелем встановлена установка , що складається з ємності для ізомерізації, теплообмінника для

підігріву води насоса для циркуляції та перекачки суспензії у сушварильний апарат.

Для пивного сушла з хмелем і випарювання частини води для отримання з визначеною густиною призначені сушварильні апарати. За конструкцією ці апарати собою заварений циліндричний резервуар з паровим патрубком, сферичним дном і , що забезпечує інтенсивну кругову циркуляцію киплячого сушла. В апаратах відкритого ВСЦ-1 і ВСК-5(на 1000 чи 5000 затору) інтенсивність випарювання складає 5...6% при кипіння 1,5...2 год. При кип'ятінні сушла під 0,3...0,5 МПа в котлах ВСЦ-1, і ВСК-3 ( на 1500 і 3000 кг затора досягається більш повна коагуляція білка, підвищується біологічна стійкість пива і теплопередачі.

Інтенсивна циркуляція сушла забезпечується роботою мішалки і нерівномірністю нагріву стінок і всередині котла. Так як сушло біля стінок нагрівається за рахунок більшої поверхні теплопередачі, ніж всередині, то біля стінок бульбашки пари, що витісняються більш густішою і холодною рідиною в котла. Таким чином забезпечується безперервне переміщення сушла.

Для обігріву сушварильних , що працюють під тиском, можна виитовувати вторинну пару, що знижує гріючої пари. Найбільш простий спосіб виистання вторинної пари – випарка термокомпресією.

Технічна характеристика сушварильного апарата ВСЦ-1,5.

## **1.2 Огляд літератури**

### **1.2.1 Аналіз існуючих систем інтелектуального управління.**

Аналіз пивоварного виробництва завжди приділялось багато уваги, і тому практично всі мають досить високий рівень автоматизації. Особливо це стосується головних технологічних моментів, до яких відноситься відділення випікання. Постійно проводиться модернізація технічного забезпечення, основні алгоритми управління залишаються традиційними.

### **Моніторинг**

- система постійного спостереження за і процесами, що проходять в навколишньому середовищі і суспільстві, результати служать для обґрунтування управлінських рішень по забезпеченню безпеки людей та економіки.

При автоматичному контролі відбувається отримання і обробка інформації про об'єкта і зовнішніх умов для виявлення подій, що визначають управлінські . Подією може бути будь-який якісний результат: поява деталі розмірами, що виходять за допустимі межі, отке замикання, вихід температури встановлене значення, аварія обладнання та інші.

### **Моніторинг інтернету**

- це комплекс, аналізу, класифікації, кластеризації інформації з [Інтернету](#) за тематикою, цікавить иступача. Таким чином поняття «моніторинг Інтернету» відноситься [моніторингу](#) інтернет-ресурсів, на відміну від поняття «моніторинг мережі», відноситься до задач управління мережею. Моніторинг Інтернету дозволяє відстежувати і за розвитком тієї або іншої події або теми. З деяких моніторинг інтернет-ресурсів став однією з ключових складових діяльності маркетингових , інформаційних агентств і служб новин.

Існують такі основні методи та :

- обробка вибраних сайтів у ручному режимі
- новинна підписка (зокрема [RSS](#))
- спеціалізовані сервіси і програмні моніторингу Інтернету.

### **Моніторинг довкілля**

- комплексна інформаційна система регламентованих періодичних безперервних, наукових спостережень, прогнозу змін стану природного середовища, негативних змін і вироблення рекомендацій з їх усунення або ослаблення. Завдяки моніторингу довкілля є організація та функціонування

системи моніторингу, прогнозування екологічних систем, біосфери, характеру впливу на них природних факторів.

Основними задачами довкілля є: спостереження біосфери, оцінка і прогноз стану, знаходження ступеня антропогенного впливу на довкілля, знаходження факторів і впливу. Система моніторингу довкілля будується на:

1. Об'єктивності ;
2. Систематичності спостережень за довкіллям;
3. Багаторівневості спостережень;
4. Узгодженості забезпечення;
5. Узгодженості програмного забезпечення;
6. Оцінці екологічної інформації;
7. Оперативності проходження інформації;
8. Відкритості інформації.

### **Моніторинг технічного об'єкта**

Розробка інтелектуальних систем технічного стану систем і агрегатів полягає в спеціальних алгоритмів, які допомагають обслуговуючому персоналу прийняти про технічний стан машини в даний момент .

Застосування неперервного аналізу, при якому машина допомогою спеціальних пристроїв автоматично поточні умови експлуатації дає спеціальні адаптовані рекомендації сервісному персоналу оператору, перспективним напрямком розвитку системи технічної експлуатації.

Принцип та забезпечує безперервний моніторинг технічного стану систем агрегатів машини виявлення перед відмовного стану. Дистанційне являє собою процес визначення стану об'єкта діагностування віддаленій відстані, за допомогою отримання сигналів датчиків, на машини. Виистання систем моніторингу технічного стану , володіють функціями збору і передачі інформації поточний стан, допомагають додаткові заходи для зниження появи непрогнозованої відмови систем і , дозволить машині тільки неперервно

виконувати задану роботу більш тривалий, і збільшить її експлуатаційний термін загалом.

Багато компаній рівня ведуть розробку систем, що дозволяють проводити оцінку технічного та продуктивності машини, не її з робочого процесу. Так, Komatsu в 90-х рр. розробила систему [VHMS](#) (Monitoring System) для технічно складних технологічних, які в гірничій промисловості. Компанія Caterpillar на ринок техніки систему ([Vital Information System](#)), спрямовану на моніторинг, розрахунок і обслуговування техніки. Ця система має в своєму інструментів, що дозволяють розраховувати продуктивність, визначати ефективність, помилки оператора, технічний стан вузлів і, а також заздалегідь готувати необхідні частини терміну регламентного технічного обслуговування та запобігати аварійним. Схема роботи у цих систем моніторингу стану досить схожі загальним складом компонентів - це або модуль, встановлений на машину, постійно фіксує з датчиків або електронних блоків управління про вузлів і агрегатів машини і формує діагностичні, які на сервер обробки даних. На проводиться обробка отриманої інформації формування звітів сервісному для прийняття рішення про технічні впливи машину.

модулів або терміналів, встановлених на машину, можна чином. Датчики (перетворювачі), встановлені на діагностування, передають сигнали, які перетворюються в електричні і надходять в блок обробки цієї інформації оцінки стану виробу або характеру зміни параметрів. всіх сигналів, які необхідно порівнювати, передбачається масив значень. Процес порівняння буває простим, коли встановлюються межі для параметра і фіксується його знаходження межах допуску, і більш, коли застосовуються операції, оцінюють ступінь відхилення вимірюваного параметра від, швидкість характер процесу зміни параметра в часі і характеристики. В деяких випадках, щоб оцінити технічний об'єкта, на подаються спеціальні тестові впливи, тобто стимулюючі сигнали і направляються об'єкт діагностування для його реакції. Результати цього аналізу виистовують подальшого процесом діагностування. Для цього в

системі автоматичного блоку реєстрації одержуваних даних і логічний пристрій прийняття рішень управління процесом діагностування.

Для підвищення одержуваних даних здійснюється самоконтроль повторного виконання окремих і порівняння отриманих даних. Цей же може функції статистичної обробки даних і отримання середніх, та інших характеристик вимірюваних величин.

Такі можуть бути реалізовані різним ступенем автоматизації, з всіх операцій в одній системі розбивкою її окремі блоки і установки. Останнє пов'язано з його розмірами, можливостями отримання даних під роботи, необхідною перевірки та іншими факторами.

Застосування технічної діагностики сприяє підвищенню роботи машин, так контролюється їх фактичний стан, і сочення на за рахунок підвищення довговічності виробу.

## **1.2.2 ОГЛЯД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ СТАНУ**

## **1.2.2 ОГЛЯД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ СТАНУ**

високопродуктивне автоматизоване виробництво чутливе до різноманітних випадкових збоїв стану обладнання і процесів є актуальною задачею в стабільної роботи систем. Своєчасне виявлення можливих загроз і (усунення) слабкої ланки“ дозволяє суттєво надійність процесів виробництва. Різноманітність контрольованих вимагає наявності як засобів попередньої обробки інформації, так формалізованих методів рішень за одержаною інформацією.

Процес прийняття рішень (англ. -making) відіграє не менш важливу роль при моніторингу. Методи прийняття рішень поєднують між собою характеристики і стан процесу. Це може бути реалізовано виистанням, простого порогу, і більш складніших систем, які вимагають процесу навчання для, щоб приймати правильне рішення. Далі відомості про деякі стратегії та приклади їх застосування.

## *пори́з*

Найлегший метод моніторингу базується встановленні *граничних порогів* (англ. Threshold), які застосовуються до . Якщо значення або перетне встановлену межу, це означатиме ( ідеальному випадку що процес/інструмент досяг певного стану рис. ).

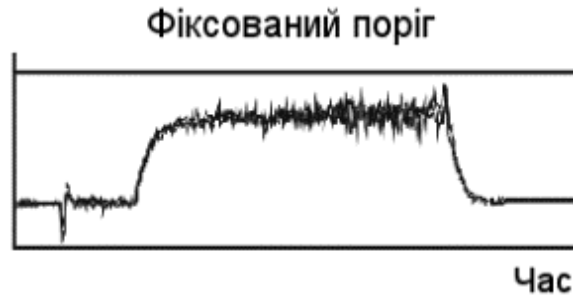


Рис. 1 Приклад фіксованого порогу

Для процесу різання можна виділити кілька ключових границь

Різання не відбувається, поломка інструменту або відсутність/ заготовки.

- інструменту – сигнал повинен мати більші , ніж при різанні інструментом.
- Поломка інструменту. Під поломки інструменту в сигналі стрибок амплітуди у порівнянні зношеним інструментом. Крім того тривалість досить невелика.

### Залежний часу поріг

Наступним кроком може бути тільки моніторинг сигналу, але й час і тривалість події 2 Такий підхід до моніторингу показує більш високу точність діапазон виистання. Під час обробки можна виділити, наприклад, події рис. 2):

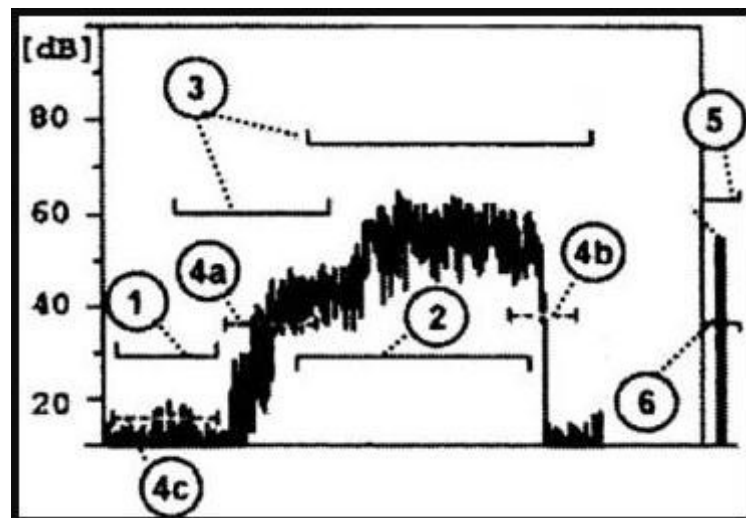


Рис. 2 Залежні часу пороги []

- Перед початком різання – даний період часу сигналу повинна бути нижче значення (1). Якщо поріг – це означатиме (наприклад, неправильнепозиціонування заготовки).

Початок і кінець – це два моменти в часі, коли сигналу певний поріг і система переходить до / виходить «процес різання» (4а – 4с початком різання – в даний період часу амплітуда повинна нижче значення рівня (1). Якщо перетинає поріг це означатиме помилку (наприклад, неправильне заготовки).

· і кінець обробки – це моменти в часі, коли сигналу перевищує певний поріг система переходить до / виходить стану «процес » (4а – 4с).

Час обробки це час, коли амплітуда сигналу завжди має бути , поріг «процес різання» (2). означає, що виникла помилка (наприклад, поломка інструмента Поріг 3) виистовується для виявлення зношеного інструменту, заготовки і т..

· Значення порогів () і (6) з середнім значенням всього процесу наприкінці обробки, щоб додатково стан інструменту.

### пороги

У разі, якщо значення процесу змінюються в стані процесу, можна виистовувати динамічний поріг [1

метод заснований на розрахунку рухомого середнього від сигналу, певну адаптацію до динамічної природи процесу. Пороги формуються додавання віднімання певної величини від згладженою сигналу. Звісно порогів можливе шляхом множення або ділення на певний . Отриманий діапазон називається допуску [1]. Пороги успішно були для моніторингу відмова, наприклад, Зламаний інструмент, виистовується.

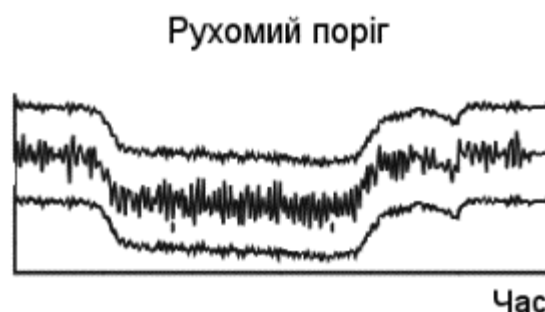


Рис. 3 Приклад порогу [1

Всі вище зазначенні методи виистання порогів також бути у поєднанні з інформацією наявною в системі . За виистання інформації про режими різання,а

також параметри можна порогови ще більш «розумнішими» [3 На . 3 зображено приклад рухомого порогоу.

Рухомі порогови успішно системі моніторингу процесів PROMOS Systemкомпанії Prometec [2 Особливість системи полягає в «ледачому» розрахунку , тобто вікно середнього весь час трохи відстає від сигналу. Таким чином якщо виникає різкий стрибок амплітуд, перебудова порогів і, якщо протягом певного, часу сигнал різко спадає нижнього порога, то такий сигнал як поломка інструменту. після відведеного часу сигнал не опускається нижче верхнього , вважається, має місце викришування ріжучої кромки інструменту. В іншому продовжує слідувати за сигналом. Приклад трьох вище описаних показано рис. 4. Оскільки технологічні умови в кожному відрізняються одна від , як правило, необхідна, навчальна фаза англ. Teach-in Phase протягом якої алгоритм збирає інформацію процес і встановлює необхідні порогів. Більш прості імплементації ручного настроювання значень рівнів. Загалом, моніторинг при різних різання не є тривіальною задачею [4

Tarng Lee (1993) [5] використовували та медіану сили на зубець в поєднанні з , щоб визначити стан інструменту.

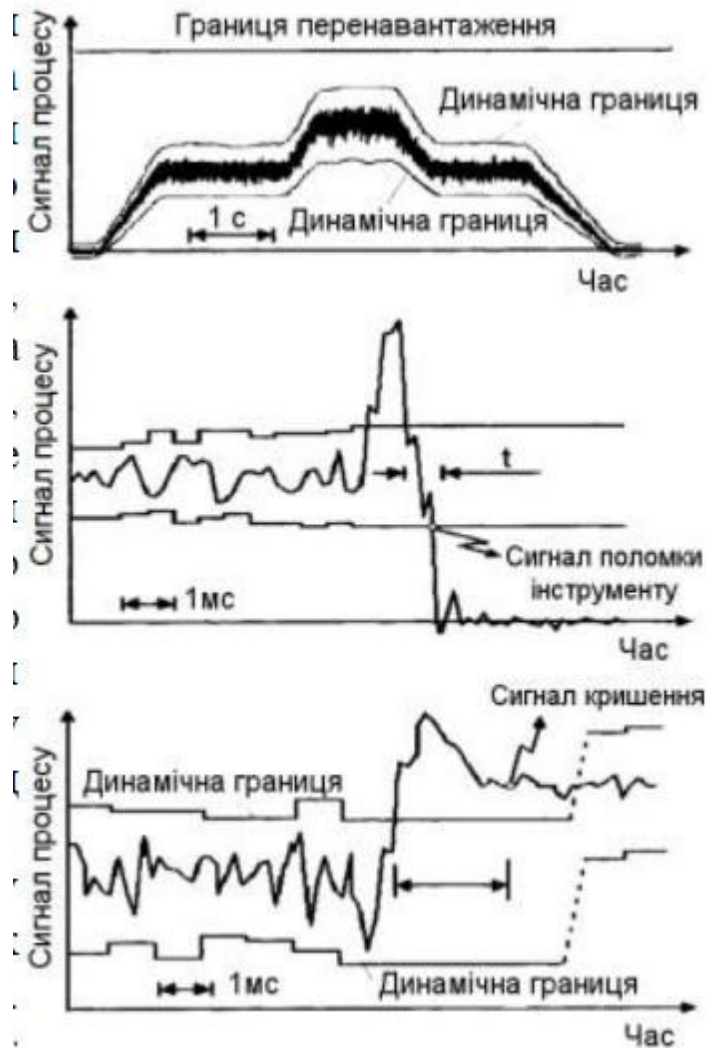


Рис. 4 Моніторинг динамічними компаніями Prometec [2]

Lee та [6] розробили систему для виявлення поломки інструменту, заснований на синергії (англ. SensorFusion). Було визначено, незадовго до поломки виникає стрибок сигналу АЕ (в декілька мс) подальшим значним зниженням сили (рис. 5). Таким чином, сигнал АЕ виистовується якості триггер-сигналу (сигнал, що сигналом для певного процесу/програми тощо), щоб змінити і підтвердити поломку. Аналогічні результати були отримані у університеті (англ. Warsaw University of Technology, WUT [7]). Але там було зазначено, що в експериментах з різанням в сигналі АЕ не було жодних змін при інструменту.

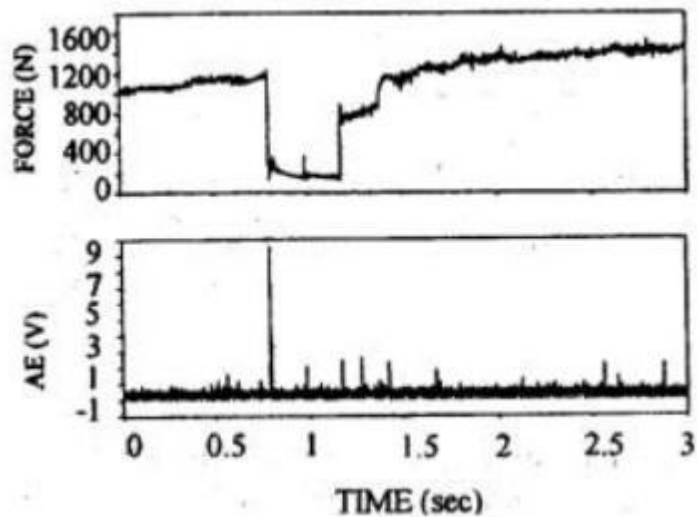


Рис. 5 Сила і АЕ перед поломкою при точінні [6]

Zorev, De Filippi та Ippolito 8] виистовували між силою і ступенем зносу. Для цього відняли нового інструменту від поточного сигналу і результуючий сигнал порогом. Цей метод показує достатньо хороші результати до , поки параметри різання (подача, швидкість і глибина залишаються .

### Розпізнавання образів

*Статистичне розпізнавання образів* – ще метод ідентифікації інструменту. Найпростіший і найпопулярніший алгоритм для образів є лінійний [9].

Цей принцип в системах моніторингу Montronix 2]. Перевагою цього є незалежність від умов процесу і сигналу. Зразки задаються в залежності від типу інструменту. Система контролює і здатна розпізнавати поломки протягом 10 мс.

### Регресійний

*регресійний аналіз* (англ. Multiple Regression Analysis) один цікавий метод аналізу сигналів. Він виистовується для і взаємозв'язку між незалежними і залежними змінними, а побудови відповідної . Багатокритеріальна регресійна модель може бути исна прогнозування значення залежної (наприклад, максимальне зусилля різання, зносу) через незалежні , такими як швидкість шпинделя, подачі і глибина [5

### Нейронні мережі та логіка

*Нейронна мережа* (англ., Network, NN являє собою математичну модель людського мозку, яка , що розподіляється серед безлічі простих взаємопов'язаних паралельно функціонуючих обчислювальних *нейронів*, або *вузлів*. Виистання NN робить прийняття рішень набагато , так як NN здатна оперувати з великою кількістю і приймати рішення на основі їх комбінації.

NN властивість на основі підготовлених прикладів вхідних значень і , очікуваних вихідних . Цей метод називається *навчання з вчителем* англ. Supervised Learning Точність і ресурсоемність розрахунків цього алгоритму від кількості зв'язків вхідних змінних [10-3 Чим більше зв'язків і значень, тим точніше буде і тим більше комп'ютерних ресурсів необхідно для прийняття .

*Нечітка* чи «розмита» *логіка* англ, Fuzzy ) також показує хорошу продуктивність в інтелектуальних виробничих . системи здатні оцінювати процеси з частковим описом поведінки, досягти при виистанні нейронних мереж.

Для досягнення більш продуктивності, логіку об'єднують з нейронними мережами. Це рішення менше обчислювальної і має адаптивну функцію.

Для того, визнати стан інструменту його ступінь зносу при різних різання, в [11 застосовувався алгоритм нейро-нечіткої з виистанням кількох різних джерел (синергія сенсорів Всі сигнали були відфільтровані для запобігання спектрів. В попередньої обробки від кожного сигналу також віднімався сигнал ходу, для часткового видалення шумів. Навчена система має при різних умовах різання.

### **Генетичні алгоритми**

*Генетичні алгоритми* є ще одним способом моніторингу процесів. ГА належать частини комп'ютерної науки, що зветься «природні обчислення де розроблюють моделі, які імітують біологічний світ. Таким можна вирішувати задачі за допомогою імітування дарвінівської теорії . Для цього досліджувані задають у вигляді бінарних рядків, званих «хромосом». комп'ютер проводить оцінку випадкової популяції» за допомогою вагової «фітнес-функції». функція визначає, наскільки добре окремі вирішать задачу.

Хромосоми найбільшою вагою мають право «вижити» Для цього такі генетичні оператори, як «еволюція» «». В кінці генерується нові хромосоми-«потомки» [10].

### 1.2.3 Прогнозування в системах управління

Особливе значення мають задачі передбачення та прогнозування часових , яких виділяються завдання з набором певних специфічних ознак, варто їх класифікацію. Задачі дослідження явищ, розвиток яких із часом, поділити на декілька класів:

#### За основних ознак об'єкту

- прогнозування явищ, реалізації яких у вигляді детермінованих часових . Такі задачі, зокрема, можна шляхом застосування методів математичного аналізу

- прогнозування явищ, яких представлені у вигляді індетермінованих часових . Вирішення цих традиційно здійснюється шляхом застосування методів теорії ймовірностей математичної . Зокрема, реалізації таких явищ, можуть мати вигляд:

стаціонарного часового ряду, який характеризується однорідністю в часі, змін характеру коливань та їх середньої амплітуди;

) часового ряду, який характеризується певною тенденцією розвитку часі; дослідженні нестационарних процесів можна виділити ділянки, яких процес можна стаціонарним; вибір проміжку для навчальної множини в такому обирається згідно задачі прогнозування

#### За числом ознак об'єкту досліджень

- одновимірна задача явище представлене лише однією ознакою, зміни відбуваються в ;

- багатовимірна задача; об'єкт або представлені ознаками; задача прогнозування може бути розширена завдяки в просторі.

## За часом випередження розрізняють види прогнозів

згладжування,  $R=0$ ;

- коротерміновий,  $R=1 \dots 2$ ;
- середньотерміновий прогноз,  $R=3 \dots 5$ ;
- довготерміновий прогноз,  $R=10 \dots 15$ .

Очевидно, вид прогнозу суттєво впливає на вибір засобів і методику його .

### 1.2.4 підходи до управління технологічним процесом за допомогою нейронних мереж

про поведінку об'єкта, ознаки якого пов'язані з , представлені результати спостережень в рівномірні відліки часу. Для моментів  $t=1, 2, \dots, n$  дані спостережень набувають ряду  $x(t_1), x(t_2) \dots, x(t_n)$ . Інформація про значення часового до моменту дозволяє давати оцінки параметрів  $x(t+1), x(t+2), \dots, x(t+n)$ . Для здійснення прогнозування елементів рядів широко використовують так метод "часових вікон"

Від кількості ознак, що представляють рядів при формуванні даних, виділимо задачі двох типів.

Однопараметричне прогнозування

Нехай ряд  $x(t)$  задано відліками  $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n)$  в моменти часу  $t$ . Задамо ширину (кількість відліків вхідного часового вікна  $m$ , ширину вихідного вікна  $p$ . вихідне вікна накладаються на дані ряду, починаючи з  $t$  (рис. 4).

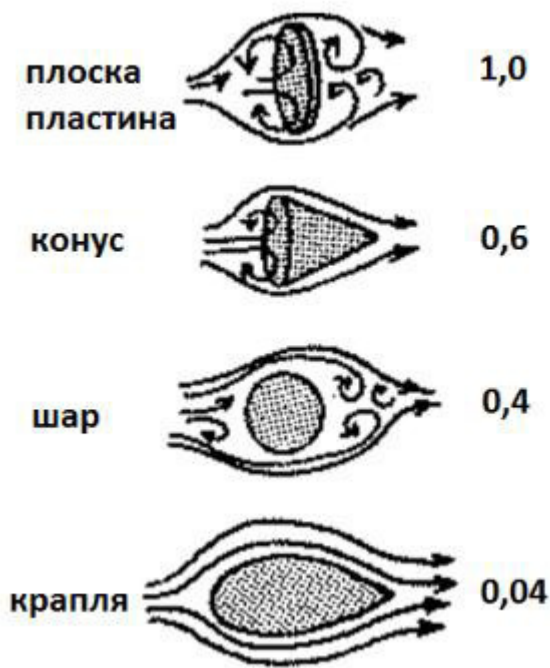


Рисунок 6. – множин для однопараметричної задачі за методом "часових вікон"

вікно формує для входів нейронної мережі, а вихідне, , для виходів. Подібна входного та вихідного векторів приймається одну реалізацію часового ряду. зсуві часових вікон за рядом з кроком  $s$ , отримуємо і наступні реалізації.

ширини вікон та кроку зміщення повинні з особливостями ряду, що забезпечується шляхом проведення експериментів. Нехай вікно ширину  $m$ , вихідне вікно  $p=1$ , крок  $=1$ . Тоді сформована множина значень для однопараметричної вигляд, наведений нижче:

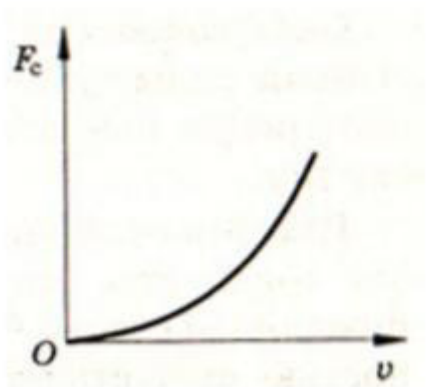


Рис.7. – даних однопараметричної задачі

Багатопараметрична задача прогнозування

В багатопараметричних прогнозування підходи розв'язання проблеми залишаються подібними (рис.).

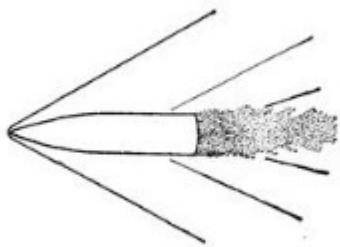


Рисунок . – Формування множин даних для задачі

Нехай потрібно спрогнозувати величини  $x(t)$ ,  $y(t)$ , ...,  $z(t)$ . прийняти ширину вхідного вікна  $m$ , вихідного  $=1$ , зміщення  $s=1$ , можна сформувати множину наступним :

Рис.9. – Множина даних для багатопараметричної

Функціонування нейромережі здійснюється у відповідності з показаним методом , зберігаючи значення ширини вікон та кроку зсуву. Конкретизація до прогнозування в значній мірі залежить також від явища, що .

Однокрокове прогнозування (передбачення)

Задача прогнозування зводиться до відображення, коли один вхідний вектор  $u$  вихідний (рис. ).



Рисунок 10. Послідовність виистання нейромереж для задач

У випадку однопараметричної передбачення навчальна множина до моменту  $n$ , умови  $m=3$ ,  $p=1$ ,  $s=1$ , вигляд наведений таблиці 1. Таблиця 1. – Навчальна множина однопараметричної передбачення

Входи			Вихід
$x(t_1)$	$x(t_2)$	$x(t_3)$	$x(t_4)$
$x(t_2)$	$x(t_3)$	$x(t_4)$	$x(t_5)$
...	...	...	...
$x(t_{n-3})$	$x(t_{n-2})$	$x(t_{n-1})$	$x(t_n)$

В режимі навчання встановлюються коефіцієнти ваг, чого стає можливим перехід до режиму функціонування. Для входи нейромережі надходять значення останньої реалізації навчальної множини  $(-2)x(t_{n-2})x(t_{n-1})x(t_n)x(t_{n+1})$ . На виході формується величина  $x(t_{n+1})$ .

Для багатопараметричної передбачення на навченої нейромережі подаються вектори  $x(t_{n-2}), y(t_{n-2}), z(t_{n-2}), x(t_{n-1}), y(t_{n-1}), z(t_{n-1}), x(t_n), y(t_n), z(t_n)$ . На виході нейромережі передбачені величини  $x(t_{n+1}), y(t_{n+1}), z(t_{n+1})$ , які у вихідний вектор передбачених даних.

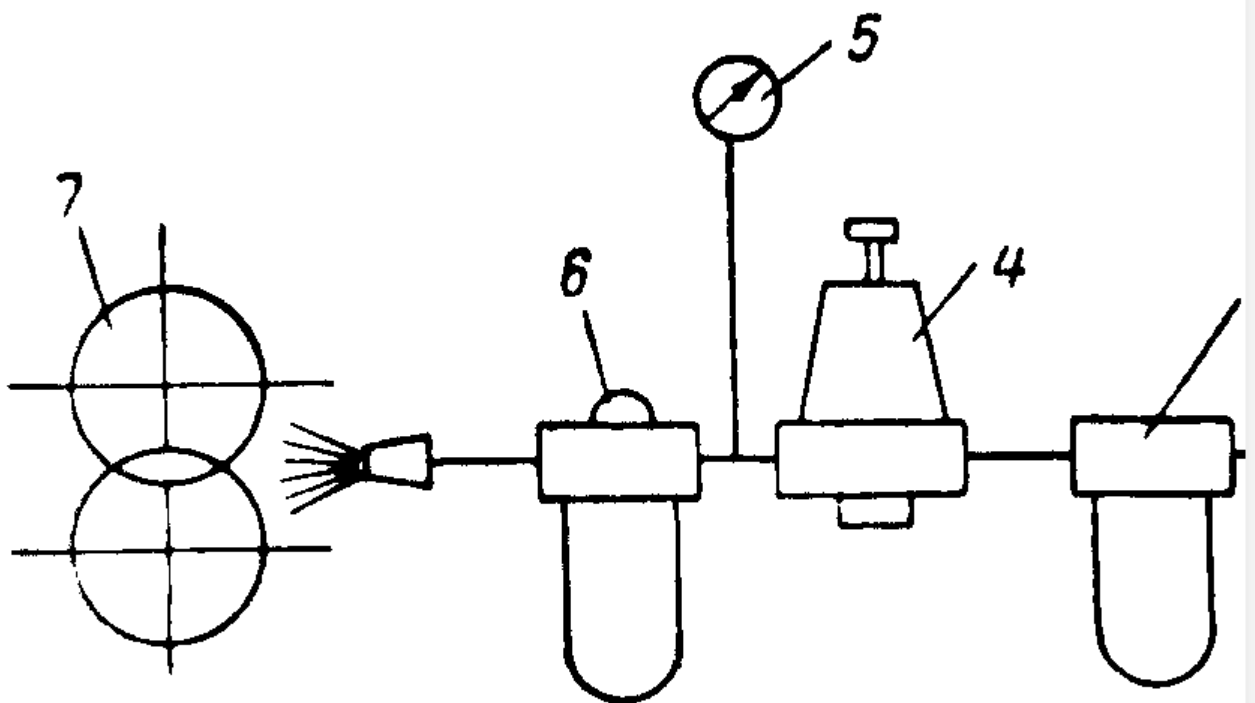
режим є, який працює в режимі відображення (реальний вихід). Передбачення застосовують також для моделювання дискретних, не пов'язані з часом. Враховуючи специфіку часових рядів, прогнозу не завжди є доцільним, але для певних откотермінових ним можливо систатись.

#### Багатокрокове прогнозування

Багатокрокове прогнозування лише для, ознаки яких представлені у вигляді часових.

Для однопараметричної задачі навчальна множина матиме вигляд наведений табл. 3. Під час мережа налаштовує коефіцієнти ваг і поліномів передатних функцій, які подальшому і визначають функціонування. Багатокрокове прогнозування часового ряду здійснюється чином (6). На входи

неймережі подається вектор значень  $(t_{n-2})x(t_{n-2})x(t_{n-1})x(t_{n-1})x(t_n)x(t_n)$ . На прогнозована величина  $x^*(t_{n+1}+1)$ , яка визначає вектор прогнозованих виходів одночасно до значень навчальної множини, тобто, приймається як  $x^*(t_{n+1}+1)$ . Далі на подається вектор  $x(t_{n-1})x(t_{n-1})x(t_n)x(t_n)x^*(t_{n+1})x^*(t_{n+1})$  а на виході отримується  $x^*(t_{n+2})x^*(t_{n+2})$  і прогнозовані значення.



#### 11. – Послідовність виистання для задач багатокрокового прогнозування

Для задачі прогнозування на навченої неймережі подаються вектори  $x^{(-2)}(t_{n-2}), y_{t_{n-2}}y_{t_{n-2}}, z_{t_{n-2}}z_{t_{n-2}}, x_{t_{n-1}}x_{t_{n-1}}, y_{t_{n-1}}y_{t_{n-1}}, z_{t_{n-1}}z_{t_{n-1}}, x_{t_n}x_{t_n}, y_{t_n}y_{t_n}, z_{t_n}z_{t_n}$ . На продукуються величини  $x^*(t_{n+1}), y^*(t_{n+1}), z^*(t_{n+1})$ , які вектор значень і послідовно долучаються до значень навчальної множини. вікна на крок прогнозу вихідні дані, що були  $x^*(t_{n+1}), y^*(t_{n+1}), z^*(t_{n+1})$ , сприймаються як реальні і приймають участь у прогнозуванні значення  $x^*(t_{n+1}), y^*(t_{n+1}), z^*(t_{n+1})$ , тобто на входи подаємо вектор  $x^{(-1)}x^{(-1)}, y_{t_{n-1}}y_{t_{n-1}}, z_{t_{n-1}}z_{t_{n-1}}, x_{t_n}x_{t_n}, y_{t_n}y_{t_n}, z_{t_n}z_{t_n}, x_{t_{n+1}}x_{t_{n+1}}, y_{t_{n+1}}y_{t_{n+1}}, z_{t_{n+1}}z_{t_{n+1}}$ , а виході отримуємо  $x_{t_{n+2}}, y_{t_{n+2}}, z_{t_{n+2}}$  і прогнозовані значення.

Багатокрокове прогнозування дозволяє отко- та середньотермінові , оскільки суттєвий вплив на точність має похибки на кроці прогнозування. При застосуванні довготермінового багатокрокового прогнозування характерне

багатьох прогнозуючих систем поступове затухання процесу, фазові зсуви спотворення картини прогнозу. Такий тип прогнозування підходить для , які підпадають під означення стаціонарного процесу з невеликою складовою.

прогнозування з перенавчанням нейромережі на кожному прогнозу

Швидкі неітераційні навчання дозволяють запропонувати новий тип прогнозу, який може бути при довготермінових прогнозах із задовільної точності прогнозування. Аналогічно з алгоритмом прогнозування на мережі у режимі функціонування надходить остання навчальної множини  $(t_{n-2})x(-2x(t_{n-1})x_{t_{n-1}}x(t_n)x(t_n$  Прогнозоване значення  $x^*(t_{n+1})x_{t_{n+1}}$  відкладається у векторі прогнозованих вихідних значень і якості достовірного до реальних значень навчальної множини. Навчальна множина на часове вікно. Відбувається процес перенавчання мережі на збільшеній , під час якого визначаються нові вагові коефіцієнти  $k$  і поліномів передатних функцій нейронів (рис. 7

$$\cos\theta_0 = \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{rp}}{\sigma_{rr}}$$

де  $\sigma_{rr} = \gamma_{rp} + \sigma_{rr} \cos\theta$ ,  $\sigma_{rp} = \gamma_{rp}$

Залежно від значення крайового кута розрізняють три випадки рівноваги:

- 1) відсутність змочування ( $180^\circ > \theta_0 > 90^\circ$ );
- 2) погане змочування ( $90^\circ > \theta_0 > 0^\circ$ );
- 3) повне змочування, крапля розтікається ( $\theta_0 \ll 90^\circ$ ).

7. – Послідовність виистання нейромережі для багатокрокового прогнозування з

Реалізація  $x(t_{n-1})x(t_{n-1})$ ,  $x(t_n)x(t_n)$ ,  $x(t_{n+1})x(t_{n+1})$ , як наступного вхідного вікна подається входи мережі в режимі функціонування. продукує нове вихідне  $x^*(t_{n+2})x_{t_{n+2}}$  яке відповідно також відкладається у продукуваних виходів і до реальних значень навчальної множини, з подальшого перенавчання та встановлення поновлених коефіцієнтів поліномів передатних функцій синаптичних . Ітераційна процедура перенавчання поширюється до прогнозованого значення  $x(t_N)x^*(t_N)$ .

Такий підхід дозволяє при великих усунути затухання прогностичних властивостей мережі за рахунок постійного коефіцієнтів синаптичних зв'язків.

Відзначимо, що алгоритм багатокрокового прогнозування перенавчанням для традиційних мереж прямого поширення з ітераційним є практично через великі часові затримки, необхідні на коефіцієнтів мережі.

### 1.2.5. Генетичні алгоритми

#### Генетичні — концептуальні засади генетичних алгоритмів

загальному значенні *алгоритми (Genetic Algorithms)* — це алгоритмів, механізмами еволюції живої природи, які застосовуються, головню, до оптимізації (зокрема, задач комбінаторної оптимізації) і для дейтамайнінгу, зокрема, для комбінування шаблонів з правил, які відкриті до цього, навчання нейромереж, пошуку зразків даних, відкриття у тексті тощо. Генетичні алгоритми належать до стандартного інструментарію дейтамайнінгу.

Ідея генетичних алгоритмів запозичена живої природи і полягає машинній організації еволюційного процесу, модифікації і відбору кращих розв'язків, з того, що процесі відтворення і модифікації розв'язків кращі них (До процесу селекції в рослинництві й тваринництві можуть ще ліпших «нащадків»), тобто нові, прийнятніші задачі. Щоб краще зрозуміти концептуальні засади генетичних алгоритмів, откому огляді механізмів природного добору і генетичного успадкування, розглядаються еволюційній теорії зародження і розвитку життя на планеті. Ця стверджує, що кожний біологічний вид ціле розвивається й змінюється, щоб у найкращий спосіб пристосуватися навколишнього середовища.

Ключову роль еволюції відіграє природний добір. суть полягає в тому, що особи краще виживають приносять більше потомства, ніж менш пристосовані. цьому завдяки генетичної інформації, що називається *генетичним успадкуванням*, успадковують батьків основні властивості. Проте слід зауважити, що сам природний добір ще не забезпечує розвитку біологічного

виду. , передбачити, що всі нащадки народжуються приблизно однаковими, то будуть тільки за чисельністю, але не за пристосованістю. дуже важливо , у який спосіб відбувається успадкування, тобто властивості нащадка залежать властивостей батьків.

Майже в кожній будь-якої тварини є хромосом, що несуть інформацію цю тварину. Основна частина хромосоми нитка ДНК ( дезоксирибоза Нуклеїнової Кислоти), яка складається чотирьох видів з'єднань (молекул) — нуклеотидів, що в послідовності. Нуклеотиди позначають буквами А, Т, С і , саме порядок їх розміщення є кодом усіх генетичних організму. Кажучи точніше, ДНК визначає, які хімічні реакції відбуватися даній клітині, як вона буде розвиватися і функції виконуватиме. , генетичний код окремого індивідуума — це дуже довгий рядок із чотирьох букв А, Т, і G, а сам — це відрізок ланцюга , що відповідає за певну властивість , наприклад за колір , тип волосся, колір шкіри і т. . Різні значення називають *аллелями*. Вся сукупність генетичних ознак кодується допомогою приблизно 60 тис. генів, які разом містять 90 млн нуклеотидів.

У мейозі, зокрема, відбувається наступне хромосоми соматичної клітини зближуються впритул, потім їх нитки розриваються кількох випадкових місцях і хромосоми обмінюються своїми ділянками. Цей забезпечує появу нових варіантів хромосом І *перехрещуванням хромосом* або (від англ. *crossing-over*) Кожна з хромосом, знову з'явилася, виявиться потім усередині однієї статевих клітин, і генетична інформація може реалізуватися в даної особи.

Другим важливим , що впливає на спадковість **£ мутації**, тобто раптові зміни організму або частин, ознак, властивостей, які виражаються у деяких дільниць . Мутації також випадкові і можуть бути викликані зовнішніми , такими, наприклад, як радіоактивне опромінення. Якщо мутація сталася клітині, то змінений ген може передатися нащадку й вигляді спадкової хвороби або в інших нових властивостях . Вважається, саме мутації є причиною появи

нових біологічних , а кросинговер мінливість уже всередині виду (наприклад, відмінності між людьми

Важливе місце в еволюційній теорії поняттю *популяції* як елементарній одиниці. **Популяція** — сукупність особин певного виду організмів, здатні до вільного , населяють певну територію і деякою мірою від сусідніх . У рамках кожної популяції відбувається процес розмноження (*репродукції* *Reproduction*), що являє собою комбінацію послідовностей (strings, у популяції для створення нової послідовності (нащадка репродукції нащадок бере частини позицій генів від обох , матиме ознак кожного із них. На рис. 9.) показана схема процесу репродукції, де ознаки батьків хромосомою, котра складається шести генів, що мають дві , позначені на схемі нулями одиницями. Нашадок отримав чотири від другого батька (перша, , третя і шоста ) і два від першого ( і п'ята ).

У генетичних алгоритмах важливе значення мають формування ряду елементів (популяції), операції кросинговера, що генетичних алгоритмів частіше називають *кросовером* (*Cross-over* *мутації* (*Mutation*).

*Кросовер* — це комбінування ( ) шляхом заміни значень генів і утворення нових на їх . На рис. 1. б) спрощена схема кросовера, показано, як шляхом заміни ідентичних двох батьків отримані два з новими ознаками.

*Мутація* спонтанне перетворення (видозміна) (характерних особливостей у послідовності (хромосомі). На . 2.4.в) показано, як у результаті мутації гена ( 0 замінено 1) отримана нова хромосома.

### **Рисунок . Схема генеративних процесів:**

а) репродукції осіб б) кросовера осіб популяції; в) мутації . процеси можуть комбінуватися для формування гібридних операторів, операцій відтворення) і схрещування з тим, щоб бути створювати конкуренцію популяціями.

## Загальна схема генетичних алгоритмів

У плані загальна схема алгоритмів досить проста. Спочатку генерується популяція особин (індивідуумів, ), тобто деякий ряд задач. Як правило, це робиться . Потім необхідно змодельювати всередині цієї популяції. Для цього випадково кілька пар , проводиться схрещування хромосом у кожній парі, а нові поміщають у популяцію нового покоління. У генетичному алгоритмі принцип природного добору: чим пристосованіший індивідуум ( відповідне йому значення цільової функції), тим з ймовірністю буде брати участь у схрещуванні.

Потім моделюються в кількох вибраних особинах нового покоління, тобто змінюються гени. Після цього популяція частково або повністю знищується ми переходимо до розгляду покоління. Популяція наступного покоління більшості реалізацій генетичних алгоритмів містить ж особин, скільки початкова, але внаслідок відбору пристосованість ( цільової функції у ній в середньому вища. Операція доведення особин популяції до початково визначеної величини називається *редукцією*. відбору, схрещування і мутації повторюються вже Для цієї .

У кожному наступному поколінні буде спостерігатися виникнення абсолютно розв'язків . Серед них будуть як погані, так і , але завдяки добору кількість кращих розв'язків буде зростати. , що в природі буває абсолютних гарантій, і навіть тигр може загинути від мисливця, не залишивши потомства. еволюцію в комп'ютері, можна уникати небажаних подій і зберігати життя кращому з індивідуумів поточно-покоління. Така називається «*стратегією елітизму*», коли в наступне особини з найкращими показниками.

Описана послідовність дій за алгоритмів може перетворюватися в різні програмні реалізації залежно типу задачі і вибраних для цього підходів. Зокрема, низці випадків вводиться інша, ніж описана вище, ієрархія понять, наприклад, кожний може характеризуватися низкою хромосом, котрі, свою чергу, містять різні генів. Пояснимо на прикладі.

розглядається завдання вибору плану вкладення у вибрані наперед інвестиційних проектів, причому потрібно визначити обсяги коштів у кожний так, щоб загальний їх обсяг в проекти не величину  $D$ , а вибраний критерій ефективності, рівень інвестицій (прибуток на капітал, ROI — Return), набував максимального значення. Розв'язуючи цю задачу за , вважатимемо, що кожен індивідуум — це інвестиційний план, містить хромосом, кожна з яких являє собою вектор нулів та одиниць двійковий вираз обсягу вкладень у проект. Якщо довжина хромосоми вісьмом двійковим розрядам, то попереднє нормування всіх чисел на від 0 до (усього значень  $2^8$ ). Такі називаються безперервними уможливають подання значень довільних числових параметрів.

Мутації хромосом способом змінюють у них один біт (ген у такий спосіб на значення параметра. Кросовер також стандартно, об'єднуючи частини відповідних хромосом (з однаковими ) індивідуумів. Особливістю цієї задачі є те, що обсяг капіталу, інвестується, фіксований і дорівнює  $D$ , що із-за і схрещувань можна отримувати розв'язки, реалізації яких потрібний капітал, або менший ніж  $D$  у генетичному алгоритмі виистовується спеціальний аналізування таких розв'язків, що змогу враховувати обмеження типу « капітал =  $D$  » підрахунку пристосованості індивідуума. У процесі еволюції з суттєвим зазначених обмежень «вимирають». Унаслідок дії отриманий за сумарним капіталом може не дорівнювати точно, але до заданої величини  $D$ . У процесі роботи оцінюється значення цільової функції для кожного плану і операція для всієї популяції.

Цю саму задачу можна і в генетичній інтерпретації, якщо ввести умову, що із інвестиційних проектів цілком приймається, або відхиляється. Тоді варіант плану (хромосому можна подати у вигляді з  $N$  нулів та одиниць, , якщо на цьому в хромосомі стоїть одиниця, то це , що  $i$ - проект ( $i = 1, 2, \dots$ , включений план, а якщо нуль — не включений). Популяція кількох варіантів планів. Визначення допустимості планів і оцінювання вибраними критеріями проводиться аналогічно.

У загальному вигляді стратегію рішень допомогою генетичних алгоритмів можна реалізувати такими кроками

- 1) популяцію;
- 2) виберіть батьків репродукції і оператори і кросовера;
- 3) операції, щоб згенерувати проміжну індивідуумів і оцінити їхні ;
- 4) виберіть членів для отримання нової (версії);
- 5) повторюйте 1—, поки не буде досягнуте деяке правило зупинки.

. 2 показана узагальнена схема реалізації генетичного алгоритму. До характеристик належать: розмір популяції, оператор кросовера і його , оператор мутації і її ймовірність, оператор селекції, редукції, правило критерій) зупинки процесу виконання генетичного . Оператори селекції, кросовера, мутації редукції ще називають *генетичними* .

Критерієм зупинки процесу здійснення генетичного може бути одна трьох подій:

- сформовано задану кількість поколінь
- популяція досягла заданої істувачем якості (, значення всіх особин перевищило задану порогову величину);
- рівень збіжності. Тобто особини в популяції стали настільки , дальше їх поліпшення відсувається надзвичайно повільно, і тому здійснення генетичного алгоритму стає недоцільним.

Після завершення роботи алгоритму з популяції вибирається та особина, яка дає (або мінімальне значення цільової функції і, отже, результатом здій-

шення генетичного алгоритму. рахунок того, що кінцева краща, ніж початкова, отриманий результат собою поліпшене рішення.

### **програмне забезпечення генетичних алгоритмів**

Генетичні алгоритми можна застосовувати різних галузях. їх успішно виистовують для розв'язування великих економічно важливих задач у бізнесі і в інженерних . їх допомогою були розроблені промислові проектні рішення, що економію витрат. Фінансові компанії широко виистовують ці засоби разі розвитку фінансових ринків для управління пакетами цінних . Нарівні з методами генетичні алгоритми, зазвичай, виистовуються для значень безперервних параметрів великих розмірностей, для розв'язування комбінаторних , для задач з оптимізації, містять одночасно безперервні і параметри. Іншою галуззю їх застосування виистання в системах нових знань із великих баз даних, і навчання мереж, навчання нейронних мереж, оцінювання параметрів у багатовимірному аналізі, отримання початкових даних для виконання інших алгоритмів оптимізації. Все це зумовило зростання заінтересованості фірм-розробників забезпечення стосовно генетичних алгоритмів, що в кінцевому результаті до на ринку багатьох програмних продуктів такого виду.

на те, розв'язання конкретної оптимізаційної задачі часто потребує генетичного алгоритму з значеннями параметрів, низка базових властивостей алгоритмів залишається постійною за абсолютно різних задач. Тому для реалізації конкретного генетичного алгоритму потрібно створювати окремий продукт.

Опишемо кілька прикладів програмного забезпечення, дає змогу широкий набір генетичних алгоритмів, які можна застосовувати розв'язування задач. Змінними параметрами генетичних алгоритмів у таких додатках, , різні значення ймовірностей, розмір популяції і низка специфічних . Проте реалізація генетичних операторів, як правило, єдина для алгоритмів прихована від истувача.

*Пакет Evolver 4.0 Palisade Corp* Пакет Evolver являє собою доповнення до програми Excel версій 5. і 7.0. При цьому виистовується як засіб опису даних алгоритму і розрахунків процесі його виконання. У процесі Evolver додає в додаткову панель інструментів, яка забезпечує доступ пакета. Якщо не запуснений для виконання, то панель інструментів відображається. разі запуску Evolver додаток Excel запускається автоматично.

*Пакет .0 компанії Ward System Group.* Пакет GeneHunter схожий з пакетом Evolver. Він також є надбудовою MS версій 5.0 і 7.0 і з меню Сервіс». Цей пакет русифікований і низку додаткових настройок для алгоритмів: включення стратегій й різноманітності. Поля вікна GeneHunter такі самі як в Evolver. Однак його вікно має відмінностей. Для параметрів алгоритму служить кнопка «Параметри...». генетичного не зберігаються автоматично з файлом Excel. Для збереження кнопка «Модель», після натиснення на яку діалогове вікно.

*Пакет Genetic Training Option (GTO компанії Scientific Software.* Пакет GTO є додатковою , що поставляється нейропакета BrainMaker виробництва компанії «California Software». Він як для побудови нейронних мереж, і для поліпшення створеної допомогою BrainMaker мережі. Але обох випадках окремо від BrainMaker не може.

Генетичні складні для створення, але прості в — потребують истувача тільки формалізації задачі й формування початкових . Така багато в чому сприяє розширенню галузей застосування генетичних .

## **.2.6 Виистання нечіткої логіки в системах автоматичного**

рівень розвитку промисловості потребує комплексного підходу при розробці технічними об'єктами. обумовлено, з одного боку, необхідністю підвищення управління при мінімальних на створення та експлуатацію систем, іншого боку - ускладненням структури об'єкта , функцій, виконуваних ним, , як наслідок, збільшенням факторів невизначеності, які враховувати для об'єктом.

У теорії автоматичного управління існує досить методів, дозволяють оптимізувати роботу систем по тим чи іншим при виконанні ряду обмежень.

Математичний апарат, виистовуваний у автоматичного управління, не завжди повною мірою може задовольнити сучасного . Тому останнім часом знаходять широке поширення так "м'які обчислення основний принцип яких полягає у забезпеченні (не обов'язково ) якості управління в умовах при відносно невисокому рівні ресурсів (вартісних, часових, і т. п.). До м'яких в даний відносять такі інформаційні технології, як експертні системинейронні мережі, системи, генетичні алгоритми і ряд інших. В лежить спроба деякої формалізації діяльності головного мозку людини живих організмів.

Розглянемо ряд аспектів виистання нечіткої логіки управлінні (технічними об'єктами). Побудова нечітких систем на імітації людини-оператора або ОПР за допомогою . Дійсно, людині властиво не кількісними показниками, а якісними, слід враховувати, що ці поняття носять, по суті, характер. При цьому виистовуються лінгвістичні змінні, описують вхідну ситуацію управляючі на якісному рівні [1 (наприклад, Витрата ксантогената» - «Трохи зменшити», Температура» - Середня», «Рівень пульпи» - «Не »). лінгвістичні змінні задаються на деякій кількісній шкалою, за визначаються ступеня відповідності даних аналізованим поняттям. Для цього приналежності, що приймають значення від 0 до 1. значення змінних називаються термами (наприклад, для лінгвістичної - «Рівень пульпи термами є «Знизити», Підвищити», «Не »). Крім того, задається набір , що ставлять у відповідність ситуації певне керуючий вплив. правила зазвичай мають вигляд « ..., то ...» формуються за допомогою експерта або групи . Однак у випадках експертам не вдається ухвалити однозначне рішення необхідний на об'єкт при сформованій ситуації. Наприклад, якщо неузгодженість і виходом об'єкта негативно, а його похідна позитивна, фахівцеві буває важко відповісти, яким має бути керуючий . Тому доцільним кожного правила «Якщо ..., то також ставити відповідність деяку величину з інтервалу від до 1, що ступінь упевненості в заходи, що . Таким чином, формується чітка між простором передумов і висновків [2].

Після процедур, виконуваних експертами, в дію механізм нечіткого логічного висновку, ході якого композиція нечіткої множини [3]. Композицію представити аналог множення вектор-рядки на матрицю, тільки замість виистовується розширене уявлення логічної операції I, а замість - розширене АБО. У результаті визначається нечітке безліч керуючих. Останнім алгоритму нечіткого управління є дефаззифікації (від . Слова «» - «нечіткий») - процес перекладу даних у фізичні керуючі величини.

Звичайно як розширень I і АБО операції взяття мінімуму і максимуму, тобто виистовують максмінний логічний. Однак існують і інші зору щодо вибору логічного базису. той чи інший базис задається апріорі. Найбільш поширеними є, алгебраїчний і базиси.

Як було сказано вище, чітка відповідність ступінь ОПР, що виконує дану дію в ситуації, що. нечіткого відповідності може бути представлений у вигляді матриці. , , якщо вхідні X і вихідна Y змінні мають терм-  $T_x = T_y = \{\langle\rangle, \langle \text{нуля}\rangle, \langle \text{Позитивно}\rangle\}$ , а нечіткого відповідності має :

$$R = \begin{bmatrix} 0,9 & 0,3 & 0 \\ 0,3 & 0,8 & 0,3 \\ 0 & 0,3 & 0,9 \end{bmatrix}$$

то система правил висновку має наступний вигляд

- Якщо X «», то Y - «Негативно зі ступенем впевненості ,9, «Близько нуля» - зі впевненості 0,;
- Якщо X «Близько нуля то «Негативно» зі ступенем впевненості 0,3, нуля» зі ступенем впевненості 0,8, «» ступенем впевненості 0,3;
- Якщо «Позитивно то Y «Близько нуля» ступенем впевненості 0,, «Позитивно» зі впевненості 0,9. Фактично механізм логічного висновку представляє нелінійне перетворення.

В якості відмінностей в характеристиках нечіткого регулятора при виборі різних логічних для випадку розглянемо залежності, зображені на малюнках 1

... А. Графік нечіткого відповідності має вигляд

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

нечіткого відповідності означає, що експерт, чиї знання були при НР, міг висловити свою думку в такий: « впевнений, що, якщо X позитивно, то повинно бути позитивно, якщо X негативно, то Y бути негативно, але якщо близько до нуля, то може бути як близьким до, так і негативним, і позитивним - напевно, це залежить від неврахованих умов наприклад, від похідної X за часом) Наведені приклади наочно демонструють відмінності властивостей НР при виборі чи логічного базису. Так, наприклад, алгебраїчний базис лінійну статичну характеристику. З одного боку, ця властивість, оскільки розробнику систем управління завжди зручніше мати справу лінійними. З іншого боку, лінійну залежність легко реалізувати, вдаючись до логіки. Іншими словами, якщо розробник системи вважає, що залежність входом і виходом системи повинна бути до лінійної і на тому, що система повинна на основі теорії нечітких, то можна порекомендувати йому саме алгебраїчний базис. базис генерує характеристику, можна апроксимувати типової нелінійністю «зона + насичення Подібна характеристика є достатньо надійною, оскільки «» не системі йти в рознос, обмежуючи нестійкий режим, а нечутливість» стабілізує систему в режимі, близькому до. вид характеристики в повній мірі задовольняє концепції м'яких.

цікавим є обмежений базис, оскільки зміна графіка нечіткого цьому випадку може якісно вплинути на характеристики системи. тому служить залежність, зображена на рис. 3. видно цього рисунка, статична характеристика має дві ділянки, де передачі, тобто при попаданні на ці ділянки система стійкість (на те, що всі проміжні операції на погляд здаються). Як показав аналіз ця немонотонність способом дефазіфікації

Таким чином, доцільно при побудові систем управління істувати не знаннями експерта, але також поняттями теорії автоматичного управління. Дати рекомендації щодо вибору чи іншого базису не представляється можливим - залежить від керованого об'єкта. Аналіз роботи нечітких САУ виявити основні фактори, що впливають на якість управління: термів вхідних і вихідних змінних;

- вид функцій нечітких, складових терм-множини лінгвістичних змінних;
- характер відповідності між передумов і простором висновків;
- спосіб;
- вибір логічного.

Слід зауважити, що в публікаціях на підставі обмежених даних робиться висновок про, що нечіткі алгоритми забезпечують більш ефективність у порівнянні класичними. Це далеко не завжди справедливо. кожному конкретному необхідно зіставляти необхідну якість управління з розташованими. Поява нечітких множин та алгоритмів управління на її основі, першу чергу, появою завдань, для вирішення яких традиційного просто не існує. Ефективність виистання м'яких обчислень висока. Про це можна судити за численними публікаціями, присвяченим темі. Однак ефективність помітно зростає, якщо поряд з обчисленнями застосовувати традиційні теорії автоматичного управління, випробувані протягом і мають під собою жорстку математичну основу.

### **1.2.7 Нечітка логіка в з ПД регулюванням**

управління дискретними подіями зазвичай служить багатоступенева, реалізована на логічних контролерах (ПЛК). Для безперервного застосовують (двопозиційні) або ПД-регулятори. Останні працюють, керований об'єкт знаходиться в стійкому режимі. У ситуаціях перешкод, зміни параметрів у часі або наявності запізнювання регулятори не впоратися зі своїм завданням, оскільки вихідне них припущення лінійність об'єкта вже не діє. У випадках

заміна () ПД-регуляторів регуляторами на нечіткій часто виявляється більш , ніж вицання звичних, але ускладнених стану або застосування адаптивного . Це, однак, не область, де знаходять застосування , що базуються на нечіткій . Її основний потенціал в галузі автоматизації реалізується в безпосереднього конструювання багатозв'язних регуляторів. Зазвичай з однієї змінної справляється релейний або ПД-регулятор. Однак установки безлічі регуляторів доводиться задавати вручну. Оператори аналізують умови функціонування задають установки регулятору з метою його оптимізації. Цей диспетчерським управлінням і охоплює безліч змінних. На жаль, і -регулятори мають справу лише з однією змінною, необхідно безліч контурів управління, які не можуть «» один з . У тих випадках, коли необхідно взаємозв'язок фізичних величин ( об'єкта), доводиться будувати математичну модель (ММ) , що дозволяє знайти . У промисловій автоматизації цьому тривалість розробки , необхідність введення спеціальних налаштовувальних параметрів для подальшої регулятора істотні спрощень при побудові більшості ММ і складність параметрів (оскільки оптимізація об'єкта в одному режимі погіршує її роботу в інших режимах). Крім , більшість не мають достатньої підготовки для побудови суворі .

результаті релейний і ПД-регулятор окремою змінною об'єкта, а здійснюють диспетчерське управління. Нечітка логіка надає високоефективне вирішення проблеми. Вона дозволяє розробляти регулятори з диспетчерськими функціями не ММ, а на експериментальних даних і досвіду операторів. Таке характерне для , подібних, наприклад, регулювання декількох температурних зон у печі дозуванням флотаційних реагентів. Промислове застосування нечіткої в 80 - х роках, перш за все в і . Коли з'ясувалося, що достоїнства нечіткої логіки можна повною мірою у поєднанні з традиційними способами регулювання, випуск продуктів, що технології нечіткої логіки в апаратуру програмне забезпечення промислової автоматизації.

### 1.2.8 СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ

Прийняття у проблемно-орієнтованих інформаційних системах та системах керування здійснюється в апіорній невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вхідних даних, стохастичною природою впливів, відсутністю адекватної математичної моделі функціонування, нечіткістю мети, людським фактором [1 – 3] та ін. Невизначеність системи призводить до зростання від прийняття неефективних рішень, результатом чого можуть бути негативні економічні, та соціальні наслідки.

Невизначеності у системах прийняття рішень компенсують за різноманітних методів штучного інтелекту. Для ефективного прийняття рішень при невизначеності функціонування системи застосовують методи на основі правил нечіткої логіки. Такі ґрунтуються на нечітких множинах і виистовують лінгвістичні величини і висловлювання опису стратегій прийняття рішень [4 – 6].

Методи множин особливо існують за відсутності точної математичної моделі функціонування системи. нечітких множин дає можливість застосувати для прийняття рішень неточні та експертні знання про предметну область без формалізації їх у вигляді математичних моделей.

З виистанням теорії нечітких множин вирішуються питання узгодження критеріїв прийняття рішень, створення логічних регуляторів систем. Нечіткі множини дають застосовувати лінгвістичний опис складних процесів, встановлювати нечіткі відношення між поняттями, поведінку системи, формувати множину альтернативних дій, виконувати формальний опис нечітких прийняття рішень.

Методи теорії нечітких множин є зручним засобом проектування у людино-машинних системах. На основі нечіткого логічного виведення будуються керування, подання знань, підтримки прийняття рішень, апроксимації, структурної та параметричної, розпізнавання образів, оптимізації. Нечітка логіка знаходить застосування у побутовій електроніці, різноманітних експертних системах. Нечіткі експертні системи для підтримки прийняття рішень широкое застосування у військовій справі, медицині та

економіці. З їх здійснюють бізнес-прогнозування, оцінювання ризиків та прибутковості інвестиційних проектів. На нечіткої логіки досліджують глобальні політичні рішення та моделюють кризові ситуації [7, 8].

Важливим застосуванням теорії нечітких множин є контролери нечіткої, які виистовуються у різноманітних системах керування, зокрема у побутових приладах. моделі для опису системи такі контролери виистовують інтегровані знання експертів, за структурою подання наближаються до розмовної мови і описуються за лінгвістичних змінних та нечітких множин [9 – 12].

структура fuzzy-контролера містить у своєму складі такі складові: фазифікації; база знань; блок рішень; блок дефазифікації. фазифікації перетворює чіткі величини, виміряні на виході об'єкта керування, на величини, описані лінгвістичними змінними у базі знань. Блок рішень виистовує умовні (if – then) правила, закладені у базі, для перетворення нечітких вхідних даних на необхідні керуючі впливи, що також нечіткий характер.

Блок дефазифікації перетворює нечіткі дані з виходу рішень на чітку величину, яка подається на виконавчий пристрій для об'єктом.

З огляду на широке поширення систем штучного інтелекту з нечіткою логікою, розроблення ефективних систем прийняття рішень на їх основі актуальною науковопрактичною проблемою.

Перспектива застосування нечіткої логіки полягає у розробленні методів штучного інтелекту, до яких можна віднести нечіткі штучні нейронні, адаптивне поповнення баз нечітких правил, підтримка нечітких запитів до баз, побудова нечітких когнітивних карт, нечіткі графи, нечіткі мережі Петрі, нечіткі прийняття рішень, нечітка кластеризація та ін. [13 – 15]

Метою роботи є методологічне узагальнення нечіткого логічного виведення як базового побудови самонавчальних систем з адаптивними правилами прийняття рішень.

## **Нечіткі множини**

Нехай  $X \in R^1$  – простір значень вхідних параметрів системи. Тоді або розмита множина (fuzzy set)  $A$  визначається на  $X$  у вигляді сукупності впорядкованих пар  $(x, \mu_A(x))$ :

$$A = \{x, \mu_A(x) | x \in X, 0 \leq \mu_A(x) \leq 1\},$$

де  $\mu_A(x)$  – функція належності кожного  $x$  множині  $A$ .

дискретного носія нечітка множина позначається у вигляді:

$$A = \{x_1 / \mu_A(x_1), x_2 / \mu_A(x_2), \dots, x_m / \mu_A(x_m)\}.$$

Функція  $\mu_A(x)$  ставить у відповідність кожному  $x \in X$  дійсне число з відрізка  $[0, 1]$ . Найбільшого поширення гауссова, сигмоїдальна, поліноміальна, триангулярна та трапецієподібна функції належності. Конкретний вигляд визначається потребами

досліджуваної предметної області. Загальна форма функції належності задається вигляді трапеції:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \max(0, (x_4 - x)/(x_4 - x_3)), & x > x_3 \\ \max(0, (x - x_1)/(x_2 - x_1)), & x < x_2 \\ 1, & x \geq x_2 \text{ and } x \leq x_3 \end{cases}$$

де  $x_1 < x_2 < x_3 < x_4$ .

Частковим варіантом є триангулярна належності, яка набуває значення 1 тільки в одній точці і нечітке число.

### Нечіткі змінні

У прикладних дослідженнях з проблем, в технічних науках, медицині, соціології, економіці, психології тощо широко виистовуються оцінки, які формулюються у термінах природної мови. З цією метою нечіткі лінгвістичні змінні. Нечітка лінгвістична змінна  $X\%$  (наприклад, ) задається набором термів,

які позначають якісні ознаки станів системи наприклад, „низький”, „середній”, „високий”). Нехай  $X$

визначається  $m$  лінгвістичними термами:  $\tilde{X} = \{A_j \mid j = 1..m\}$

Тоді лінгвістична змінна  $x \in X$  є нечітким образом носія  $X$ . Кожен із термів є

множиною  $A_j = \{x, \mu_{A_j}(x) \mid x \in X, 0 \leq \mu_{A_j}(x) \leq 1\}$

Функції належності  $\mu_{A_j}(x)$ ,  $j = 1..m$  однієї лінгвістичної змінної  $x \in X$

визначаються в одному

просторі  $X$ .

### 1.2.9 Вибір методу прогнозування

Прийняття рішень проблемно-орієнтованих інформаційних системах та системах керування здійснюється в умовах невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вхідних даних, стохастичною природою зовнішніх, відсутністю адекватної математичної моделі функціонування, нечіткістю мети, людським фактором [ – 3] та ін. Невизначеність системи призводить до зростання від прийняття неефективних рішень, результатом чого можуть бути негативні економічні, та соціальні наслідки. Невизначеності у системах прийняття рішень компенсують за різноманітних методів штучного інтелекту. Для ефективного прийняття рішень при невизначеності функціонування системи застосовують методи на основі правил нечіткої логіки. Такі ґрунтуються на нечітких множинах і виистовують лінгвістичні величини і висловлювання опису стратегій прийняття рішень [4 – 6]. Методи множин особливо існують за відсутності точної математичної моделі функціонування системи. нечітких множин дає можливість застосувати для прийняття рішень неточні та експертні знання про предметну область без формалізації їх у вигляді математичних моделей. З виистанням теорії нечітких множин вирішуються питання узгодження критеріїв прийняття рішень, створення логічних регуляторів систем. Нечіткі множини дають застосовувати лінгвістичний опис складних процесів, встановлювати нечіткі відношення між

поняттями, поведінку системи, формувати множину альтернативних дій, виконувати формальний опис нечітких прийняття рішень. Методи теорії нечітких множин є зручним засобом проектування у людиномашинних системах. На основі нечіткого логічного виведення будуються системи, подання знань, підтримки прийняття рішень, апроксимації, структурної та параметричної ідентифікації, образів, оптимізації. Нечітка логіка знаходить застосування у побутовій електроніці, діагностиці, експертних системах. Нечіткі експертні системи для підтримки прийняття рішень знаходять застосування у військовій справі, медицині та економіці. З їх допомогою бізнес-прогнозування, оцінювання ризиків та прибутковості інвестиційних проектів. На основі логіки досліджують глобальні політичні рішення та моделюють кризові ситуації [7, 8]. Важливим застосуванням теорії нечітких множин є контролери нечіткої, які виистовуються у різноманітних системах керування, зокрема у побутових приладах. математичної моделі для опису системи такі контролери виистовують інтегровані знання, які за структурою подання наближаються до розмовної мови і описуються допомогою лінгвістичних змінних та нечітких множин [9 – 12]. Загальна структура fuzzy-контролера містить у своєму складі такі складові: блок фазифікації; база знань; блок рішень; блок дефазифікації. Блок фазифікації перетворює чіткі величини, виміряні на виході об'єкта керування, нечіткі величини, описані лінгвістичними змінними у базі знань. Блок рішень нечіткі умовні (if – then) правила, закладені у базу знань, для перетворення нечітких вхідних даних на необхідні керуючі впливи, мають також нечіткий характер. Блок дефазифікації перетворює нечіткі дані з блоку рішень на чітку величину, яка подається на виконавчий пристрій керування об'єктом. З огляду на широке поширення систем штучного інтелекту інтегрованою нечіткою логікою, розроблення ефективних систем прийняття рішень на їх основі є актуальною науково-практичною проблемою. Перспектива застосування нечіткої логіки полягає у розробленні гібридних методів штучного інтелекту, до яких можна віднести нечіткі нейронні мережі, адаптивне поповнення баз нечітких правил, підтримка нечітких запитів до баз даних, побудова нечітких когнітивних карт, нечіткі графи, нечіткі мережі, нечіткі

дерева прийняття рішень, нечітка кластеризація та ін. [13–15]. Метою роботи є методологічне узагальнення нечіткого логічного виведення базового етапу побудови самонавчальних систем з адаптивними правилами прийняття рішень.

### 1.3 Постановка задачі роботи

Мета проекту – є підвищення ефективності сусліварочного відділення пивзаводу за рахунок удосконалення систем автоматизації шляхом виістання діагностики і прогнозування, впровадження підсистеми технологічного моніторингу повинно позитивно вплинути подальшу роботу та якість продукції.

*Актуальність роботи* полягає в необхідності приладів вимірювання рівня, температури, витрати, концентрації, тиску, для прогнозування позаштатних, і на основі отриманих даних прогнозувати подальший розвиток подій, або на їх подальший розвиток. Без систем автоматизації на даний момент обходиться жодний технологічний процес виробництва, тому прогнозування та аналіз ситуацій виробництві суттєво впливає на якість кінцевої продукції, та зменшить витрати.

Якщо датчик вийшов з ладу, то система діагностики на протязі часу з'ясує що зміна значення датчика відбувається кожні 2-5 на значення 7-10 градусів, якщо цього не відбувається на більше 5 хв, то система фіксує про ймовірне хибне значення, на протязі ще 5 хв. значення не змінюється, то система сигнал про необхідність перевірки приладу або заміни.

*Новизна* даної роботи в застосуванні методів нечіткої логіки в системі підтримки прийняття рішень, застосуванні для оперативної діагностики ТЗА технологічного процесу випічки хлібу.

*Мета дослідження* розробка інтелектуально системи оперативної діагностики ТЗА технологічного процесу випічки хліба, діагностує правильність вимірів та їх загальну справність в процесі виробництва.

*дослідження* є технологічний процес випічки хліба в печах тунельного типу.

*дослідження* це методологія діагностування помилок та несправностей на основі карт , та прогнозування поведінки системи на основі нечіткої логіки.

*Практичне значення* в застосуванні даної системи для технологічного процесу випічки хліба з економією витрати палива, та контролю за рівнем вологості і температури зоні випічки, для уникнення низької якості кінцевого продукту.

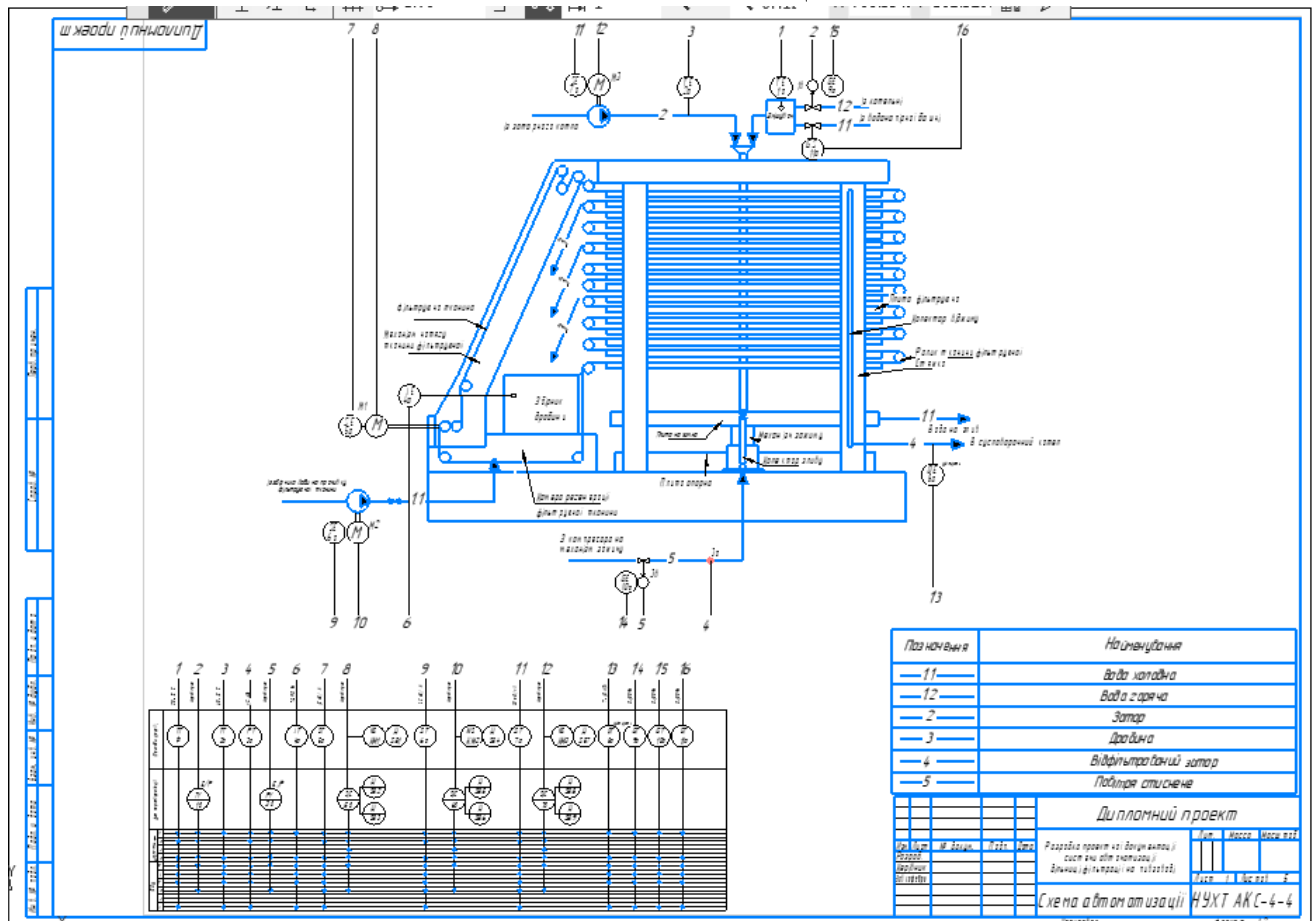
Для досягнення дослідження необхідно виконати наступні завдання:

1. Дослідження методів діагностики ТЗА основі наукових підходів.
2. Розробка проекту інтелектуальної системи керування, що буде методи діагностики з виистанням методології SysML.

## Розділ 2 – Загальносистемні рішення

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

#### Схема автоматизації



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

Система процесами в фільтр-пресі забезпечує ефективну роботу установки, її високу, та відділення дробини від затору, що забезпечує якість сусли, і наслідок кінцевого продукту.

Схема автоматизації фільтр-пресу складається з контурів, сигналізації, регулювання тиску, температури, рівня.

Основними робочими елементами фільтр-преса рис.1) є фільтруючі плити (кількість плит може бути і 12 в залежності від типу преса), розташовані між плитами - верхньої і нижньої. Механізм затиску плит розташовується під нижньою. Він забезпечує затиск плит протягом 30-60 с. Фільтрувальна тканина довжиною 17-50 і шириною 0,7-1,2 м проходить між фільтруючими плитами, огинаючи ролики. Загальна поверхня фільтрації 2,-2,6 м<sup>2</sup>. Натяг стрічки

здійснюється натяжним пристосуванням, встановленим на плиті, а її напрямком - роликками. Фільтрувальна тканина, пройшовши привід пересування, що приводиться в дію електродвигуном, надходить на очистку та миття (регенерацію) в камеру, обладнану шкребками і форсунками. Фіксоване положення тканини відношенню до плит забезпечується напрямним пристроєм. Тривалість заміни тканини 15- хв.

При стислих плитах суспензія надходить по трубопроводу під тиском 1,5 МПа в колектори подачі, на виході яких встановлено відкривається клапан. Привід пересування тканини, камера регенерації і опорна плита на загальній рамі. Після заповнення преса суспензією тверда частина маси у вигляді тонкого шару (тривалість утворення шару 1,5 ) на фільтрувальній тканині, а фільтрат, пройшовши через тканину і сито, надходить у колектор. Тиск віджиму діафрагми до 1,2 . Розвантаження осаду проводиться після припинення подачі суспензії та розкриття фільтр-. Фільтрувальна тканина, приведена в рух приводом пересування тканини, виносить шар завтовшки до 35 мм на обидві сторони фільтр-преса, де знімається шкребками і надходить на стрічкові конвеєри, розташовані по сторонах -преса.

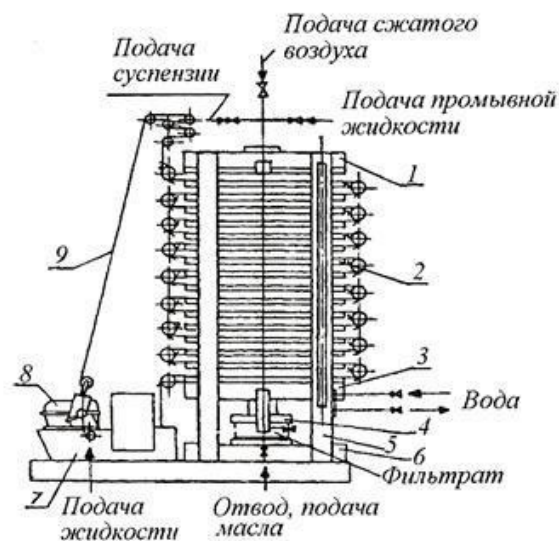


Рис.1 Загальний вигляд фільтр-преса

1 - опорна ; 2 - фільтруюча плита, 3 – плита натиску, 4 - механізм ; 5 - стяжка;  
6 - опорна плита; 7 - камера тканини; 8 - механізм пересування тканини; 9 -  
фільтруюча тканина.

Регулювання тиску відбувається в трубопроводі подачі повітря в апарат для плит для фільтрування. Вимірювання тиску здійснюється за допомогою манометра Danfoss 3000 (3а) вихідний сигнал з яких в межах -20 мА поступає на модуль аналогових входів МПК, опрацьовується в процесорі, порівнюється із заданим значенням, і якщо є розузгодження, то вихідному модулі контролера формується управляючий сигнал 4-20 мА, на з МПК сигнал поступає на електро-пневмоперетворювач Yokogawa PK200 (), сигнал 4-20 мА перетворюється в уніфікований пневматичний сигнал -100 КПа, з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан Yokogawa VP200 3в), встановлений на трубопроводі подачі повітря в систему, який змінює поворотного регулюючого органу в межах 0...100%.

#### Температура

Температури відбувається в змішувачі води. Вимірювання здійснюємо термометром опору Honeywell (1а), сигнал 4..20 мА поступає на , на виході з МПК сигнал поступає на електро-пневмоперетворювач Yokogawa (1б), а з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан VP200 (1в), встановлений на трубопроводі подачі холодної води, змінює положення поворотного регулюючого органу в межах 0...100

Проводиться індикація температури затору перед подачею в апарат. Вимірювання за допомогою термометром опору Sitrans TF2 (2а), сигнал ..20 мА надходить на екран оператору.

#### Рівень

Здійснюється індикація в збірнику дробини. При її переповненні, ємність вигражують у проміжну . Вимірювання здійснюємо радарно-хвильовим рівнеміром rosemount 3300 (4а), 4..20 мА надходить на екран оператору.

#### Швидкість обертів двигуна

Від швидкості промивання стрічки конвеєра, швидкості подачі затору в , та кількості води, поданої на промивку стрічки залежить якість затору швидкість роботи відділення. Тому перед початком роботи оператор задає

швидкість стрічки шляхом зміни завдання для частотного перетворювача. Вимірювання швидкості руху проводиться через вимірювання кіот кості обертів валу двигуна. Кількість обертів індукційний датчик АНЗ6М (5а-7а), вимірюючи кількість обертів хвилину він егує за посередництвом частотного перетворювача 5б швидкість руху .

Шляхом регулювання швидкості обертання вала двигуна регулюють подачу затору та в апарат. Вимірювання витрати затору проводиться через вимірювання кіот кості валу двигуна. Кількість обертів вимірює індукційний датчик АНЗ6М (5а-), вимірюючи кількість обертів за хвилину він егує за посередництвом перетворювача 5б кількість затору що подається в апарат. Аналогічно регулюється води на промивку в апарат.

#### Положення регулюючих органів

Вимірювання положення клапана здійснюється за допомогою датчика положення РО Samson 4748 (-11а). Сигнал 4..20 мА надходить на модуль входів. і на екран оператору.

#### Мутність розчину

Мутність кінцевого відфільтрованого вимірюється інфрачервонти датчиком ІТМ-3 (8а). Сигнал 420 мА надходить на модуль аналогових входів. і на екран оператору.

#### приладів та засобів автоматизації

№ Поз-иції за схемою	і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
1а,2а	Термометр Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50180 °С, Клас точності-0,25.	VF00	Шт.	2	Honey wall
3а	Манометр показувальний Верхня вимірювання – 1.6 МПа. Клас точності -0,25. сигнал: 4...20 мА	MBS 300	.	1	Danfoss
4а	Принцип дії з тимчасовим дозволом (TDR) Базові умови Одинарний зонд виконання, вода при температурі 25 ° С Випромінювана потужність Номінальна	3300	%	1	

№ Поз-иції за схемою	і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
	мкВт, максимальна 45 мВт Споживана потужність <50 мВт в режимі роботи Час запуску <40 з Діапазон вимірювань Від ,1 до 50 м Вихідний сигнал 4-20 мА / , Foundation Fieldbus, Modbus				
5а-7а	Швидкість обертання: Макс. 500 Вага: Близько 0,05 кг (без кабелю) захисту: IP54, IP65. Діапазон робочих температур: -20...+ Матеріал вала: сплав Cu-Zn Матеріал пус: цинковий Матеріал оболонки кабелю: PUR Напруга живлення: 24 В 20%, постійний струм Аналоговий вихід: MWU 0 ... В Струм навантаження: макс. 5 мА Аналоговий вихід: 4 ... 20 мА	АН36М	Об/хв	3	Пром прибор
8а	Інфрачервоний датчик Температурні діапазони навколишні умови: -10 ... + 60 °, 0 ... 100 ° С, до 140 ° С / . 30 хвилин Робочий тиск макс. 16 бар Клас захисту: 69 К (з нарізним сполученням PG при виистанні відповідного ) Вимірювальний діапазон регульований: 0 ... 10/2050/100/200% TU, за замовчуванням: 0 100% TU Відтворюваність показань: ≤ 1% від кінцевого значення Точність показань: ± 2% TU * спрацювання загасання сигналу (t90) налаштовується 0, 1, 3, , 13, 25 сек, за замовчуванням: 6 сек Електричне підключення різьбовий роз'єм для кабелю, кабельний роз'єм Виходи аналоговий: 4 20 мА	ІТМ-3	TU	1	
9а-11а	Датчик положення РО Вихідний сигнал -дротовий, 4 ... 20 мА Напруга живлення 2-провідне харчування В Діапазон спрацьовування відхилення: ≤ 0,1% Діапазони ходу Min / max 1 Монтаж на позиціонери 4763/: 7 ... 60 мм	4748	%	3	Samson

№ Поз- иції за схемою	і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниц я вимірю вання	Кільк сть, шт.	Примі тка
	2 Важіль I: 7 60 мм Важіль II: > 60 ... 103 мм на вимогу до 120 мм) Матеріали пус: алюмінієве литво тиском з синтетичним покриттям. Зовнішні частини: WN1.4571, чорнений				
, 3б	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх. сиг. 4-20 Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: КПа	PK200	Шт.	2	Yoko gawa
1в, 3в	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 76,2 ... 304,8 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	VP200	Шт.	2	Yoko gawa
5б-7б	Перетворювач частоти Lenze 820SMD 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;	8200 SMD	Шт.	3	Lenze
SB1- SB6	Вимикач кнопочний для комутації електричних ланцюгів керування змінного струму частотою 50 і 60 Гц напругою до 660 В і постійного струму напругою до 440 В.	BK14-21		6	ООО "При мтек"

## 2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються

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

Функції розробляються на основі цілі створення системи шляхом декомпозиції. Далі кожна може бути поділена на низку задач та підзадач. Рекомендується розробити функції для АСУ ТП, а потім переходити до функцій ІСК.

### 2.2.1 Перелік функцій та задач АСУ ТП та

Параметр контролю	Оптимальне значення	Допустимі відхилення	Аварійні	Функції системи контролю і сигналізації			
				Вид контролю	Вид інформації	звукова	світлова
Температура промивної води, °С	40	+5 -5	+10 -10	неперервний		-	+
Рівень збірника дробини, %	65	+10 -10	+20	неперервний		-	+
Тиск стисненого повітря, МПа	1,5	+0,2 -0,2	+0,3 -0,3	неперервний		-	+
Температура затору, °С	25	+5 -5	+10 -10	неперервний		-	+
Витрата затору в апарат	120	+5 -5	+10 -10	неперервний		-	+

Позначення	Найменування функції/задачі	Закон/алгоритм	Період	Примітка
TC1	Регулятор температури води в змішувачі	МРС-алгоритм	1 с	У складі TC1
PC2	Тиск в трубопроводі подачі повітря в фільтр-прес	МРС-алгоритм	1 с	У складі TC2
SC3	Швидкість обертів вала двигуна М1 конвеєра	МРС-алгоритм	1 с	У складі TC3
SC4	Швидкість обертів вала двигуна М2 насоса подачі води в апарат	МРС-алгоритм	1 с	У складі PT4
SC5	Швидкість обертів вала двигуна М3 насоса подачі води в апарат	МРС-алгоритм	1 с	У складі PT5

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

Системна інженерія та індустрія програмного забезпечення виистовують вимоги для формалізації зацікавлених сторін, які будуть реалізовуватися як функціональні можливості та обмеження, задовольняються поставленою системою.

Для зацікавлених сторін вимоги є засобом для відповідності рішення (тобто наданої системи) переліку вимог.

Вимоги бути формалізовані та організовані, наприклад, шляхом відокремлення функціоналу від технічних . Цього можна досягти за допомогою електронної таблиці Excel або за спеціального інструменту, такого як DOORS або EA. Ці засоби мають в тому, що дозволяють истувачам повністю керувати та контролювати вимоги. підхід виистовує вимоги через асоціації залежностей з елементами моделі, такими use cases, blocks, або test cases, встановлюючи простежуваність моделі. Зокрема асоціації з елементами моделі (наприклад, у use cases може асоціація реалізована з однією або кількома вимогами).

Отже, SysML візуальне та графічне зображення текстових вимог, спеціалізованих асоціацій між собою з іншими елементами моделі та способом управління ними в структурованому ієрархічному середовищі.

SysML визначає нові типи асоціацій (стереотипні залежності)

- Derive (успадковування): одна або декілька вимог, що впливають вимоги;
- Satisfy (забезпечують, задовольняють): один або кілька елементів виконують вимогу;
- Verify (перевірка): один або модельних елементів, наприклад тестова система, перевіряє виконання вимог;
- Refine уточнення): один або кілька модельних елементів, наприклад use case, додатково вимогу;
- Copy (перенесення): один або кілька модельних системи переноситься на інший елемент;
- Trace (прослідковування): або кілька модельних елементів системи відслідковуються на інші елементи.

SysML нові типи коментарів, вводячи стереотипи, дозволяючи зв'язувати пояснення з асоціаціями елементами моделі:

- Problem (проблема): коментар, опис якого виявлену проблему або потребу, після недоліку, обмеження або відмови одного декількох елементів моделі;
- Rationale (обґрунтування): коментар який причину чи обґрунтування рішення, пов'язаного з асоціацією чи елементом.

На вимог показуються лише функціональні вимоги ІСК та АСУ, що пов'язані нею. Вимоги за іншими видами забезпечення не вказуються, так як вказані в технічному завданні.

Діаграма вимог для інтелектуального регулятора температури на рис.

### 2.2.1

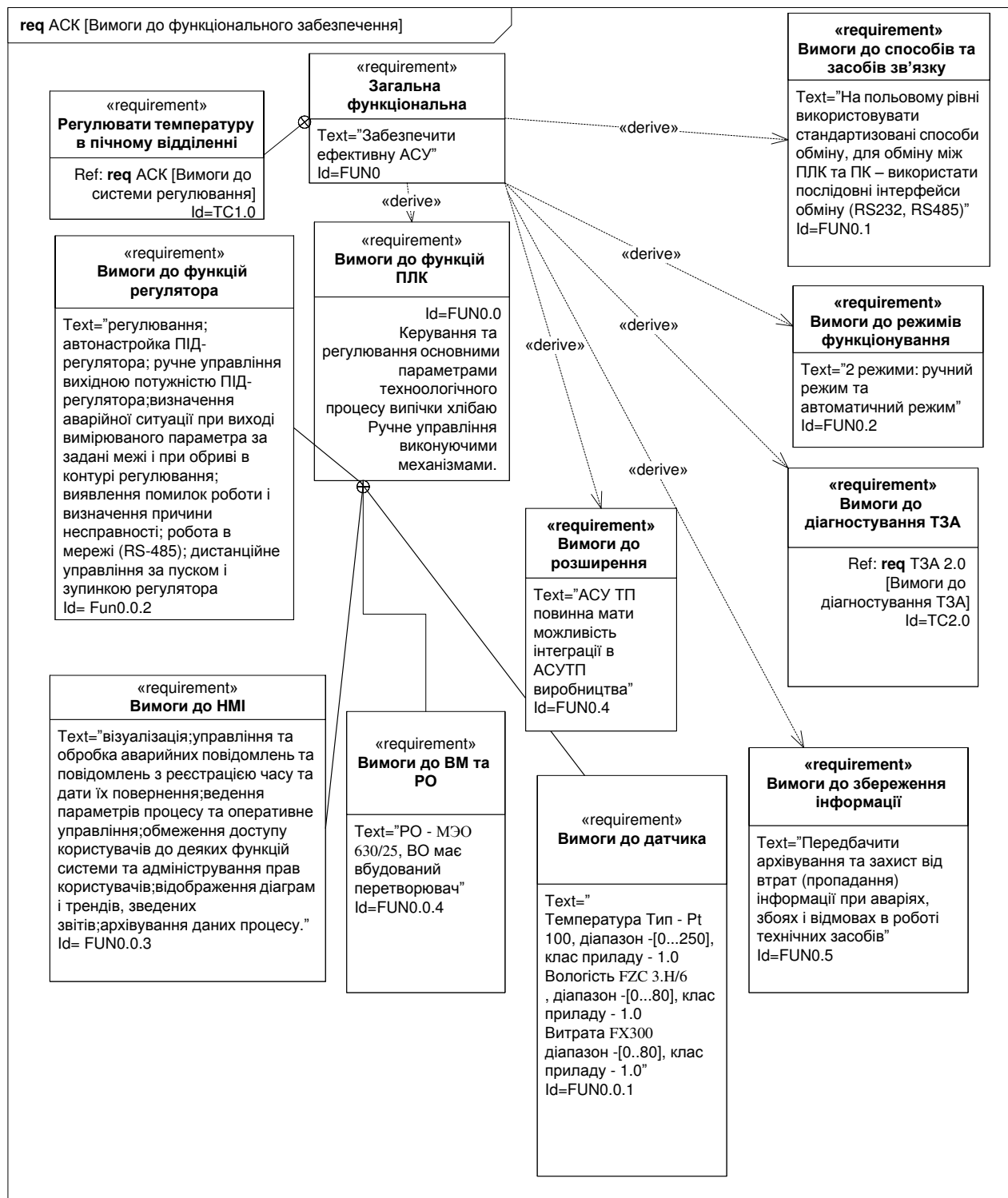


Рис. 2.2.2. Diagram для АСК процесу фільтрації затору

## 2.4. Визначення функцій (Use Case diagram)

Жодна грамотно побудована система не в ізоляції: вона взаємодіє з дійовими особами (людьми системами), які виистовують її для досягнення

певної мети, чекаючи неї певної поведінки. Діаграма варіантів виистання специфікує очікувану поведінку суб'єкта системи або її частини), – вона описує послідовності дій, включаючи варіанти, які суб'єкт здійснює для досягнення дійовою особою певного результату.

виистання застосовуються для вираження необхідного поведження системи без опису реалізації поведінки. Вони дозволяють розробникам, кінцевим истувачам і експертам в предметній досягти взаєморозуміння, а крім того, допомагають упевнитися в правильності архітектурних і перевіряти систему по ходу її розробки. Крім того, так ця діаграма аналогічна UML, тому вона застосовуються для того, щоб створену систему, підсистему, щоб истувач міг зрозуміти, як застосовувати цей , а розробник – як реалізувати його.

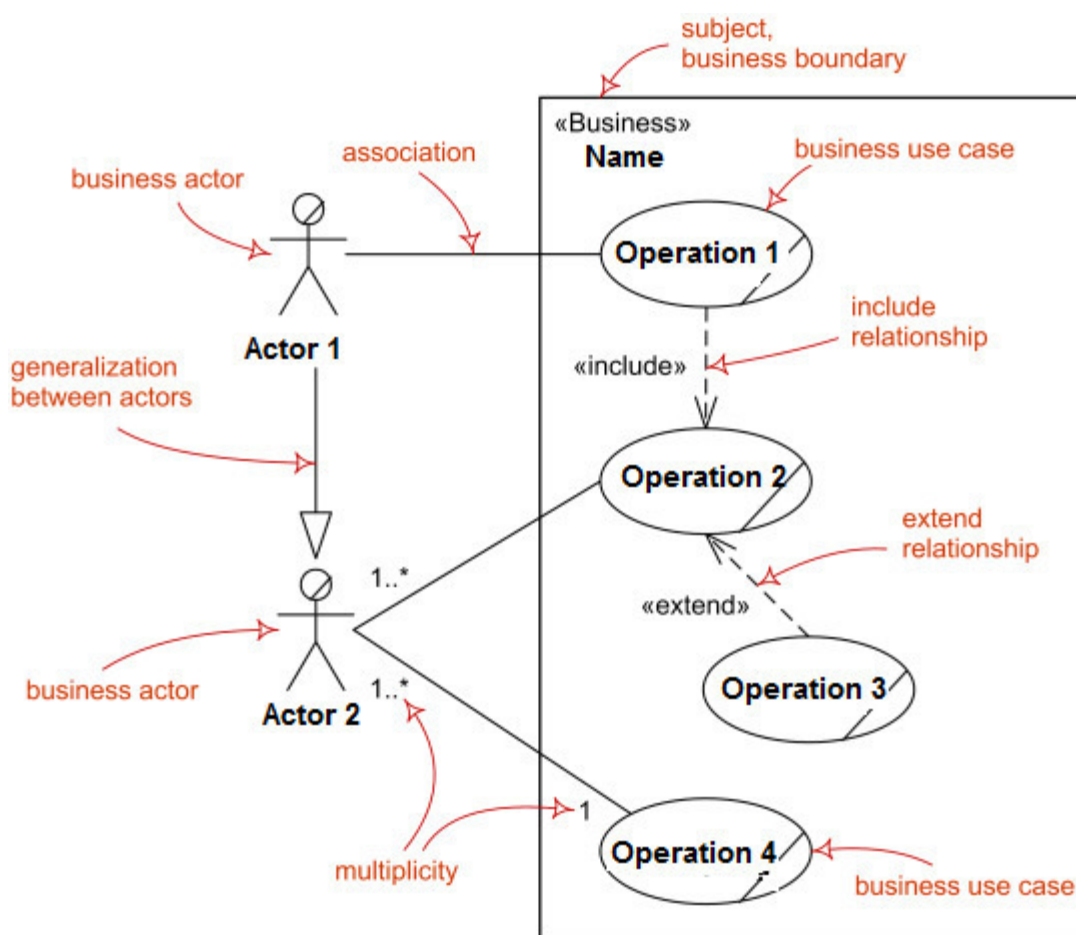


Рис. 2.4.. Основні елементи Use Case diagram

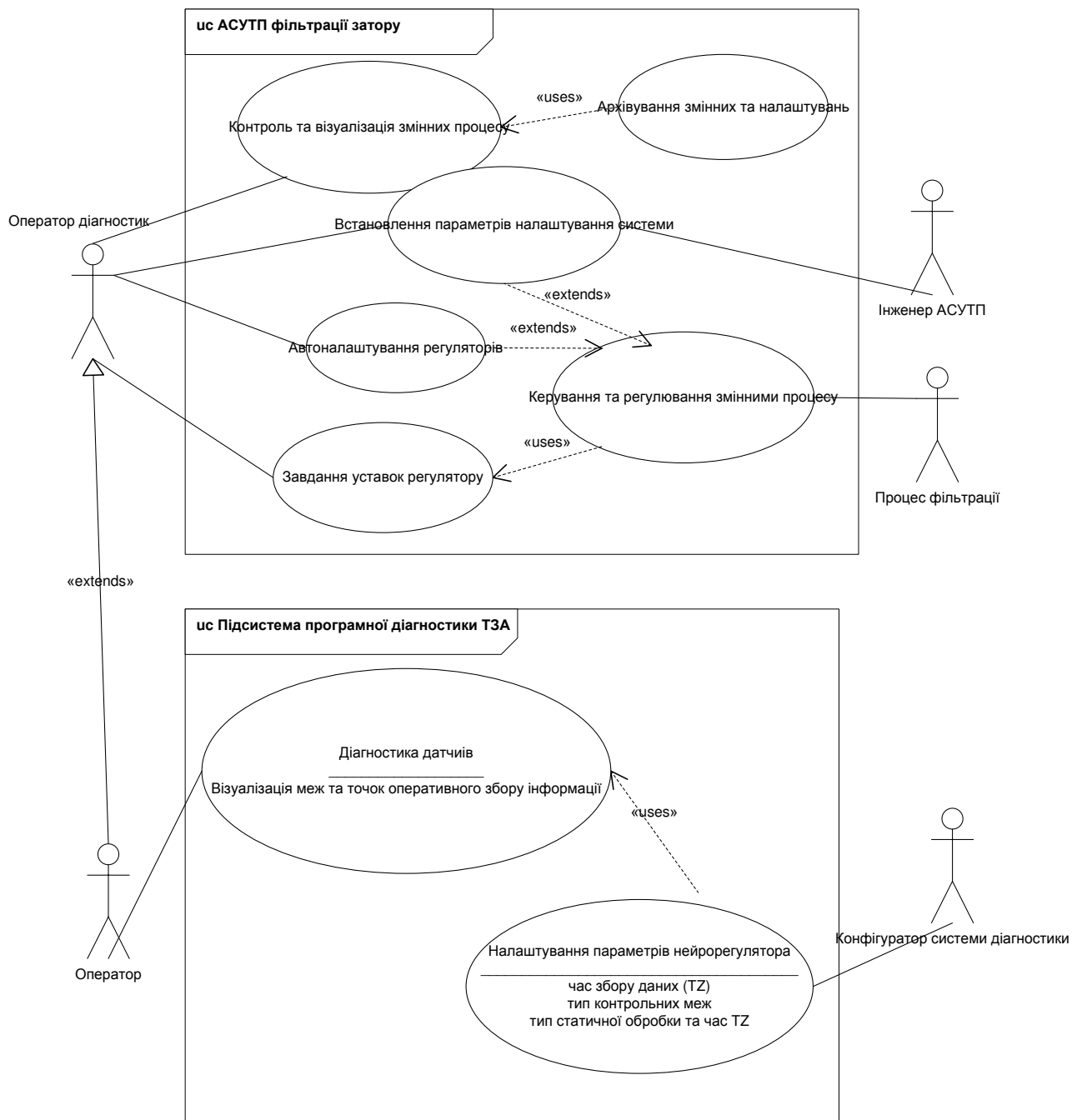


Рис. 2.4.2 Use Case diagram для підсистем АСУТП та діагностики ТЗА

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

BDD (Block Definition Diagram) – діаграма визначення блоків надає блокове подання, тобто основного блоку, поряд з ієрархією його складових блоків. BDD включає блоки будь-якого типу, включаючи програмне забезпечення, обладнання тощо. З UML2, BDD SysML переосмислює схему класів, замінюючи класи блоками вводячи порти потоків. При проектуванні ІСК рекомендується розробляти три BDD для технологічної, технічної та інтелектуальної (інформаційної) складових.

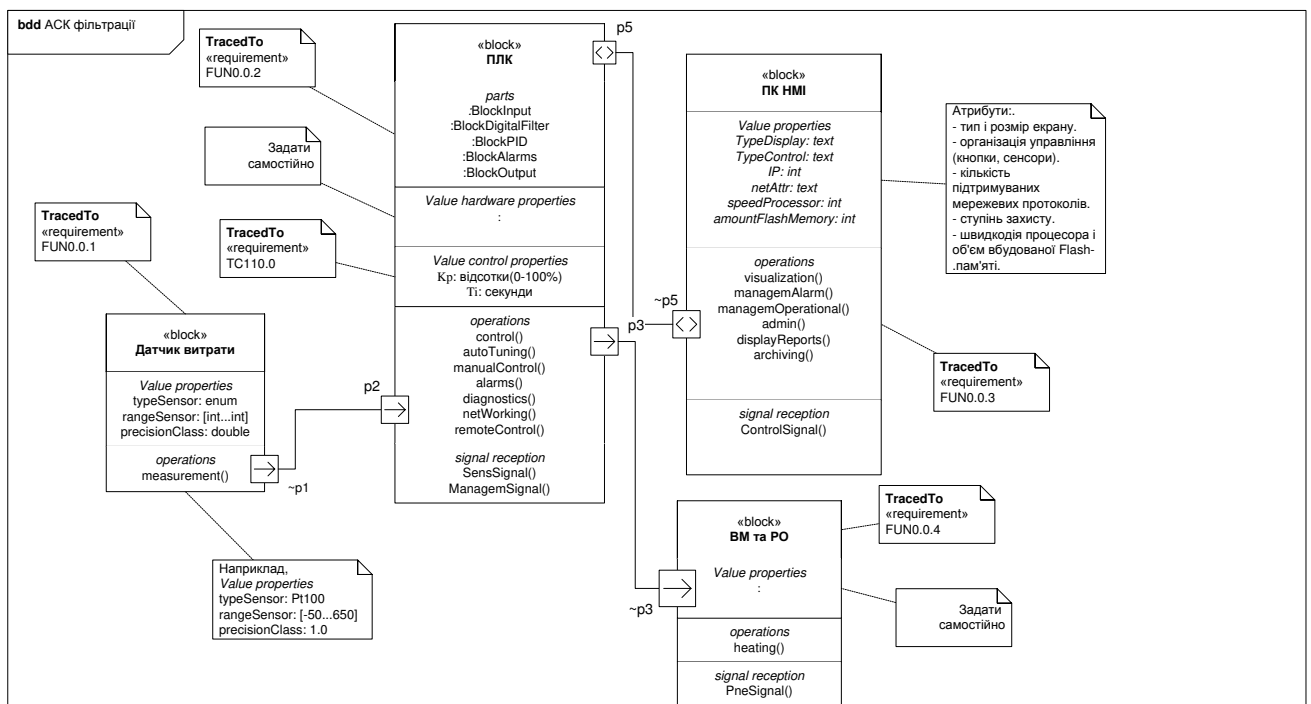


Рис. .5.1 BDD діаграма для ACK та IACK процесу випічки в печах тунельного типу

Частина нижніх блоків фізично належать до блоку ("має" співвідношення), оскільки асоціації, виістані на схемі, композицією або "сильною" агрегацією, що представлена стрілкою з суцільним ромбом. Блоки є частиною основного блоку, але фізично не належать до, тому називається посиланням, а асоціація представлена відкритим ромбом (проста). Порт потоку (flow port) – це нове від SysML. Порти потоку представляють те, що може пройти через (в /із), наприклад інформаційні дані, матеріальні потоки енергія.

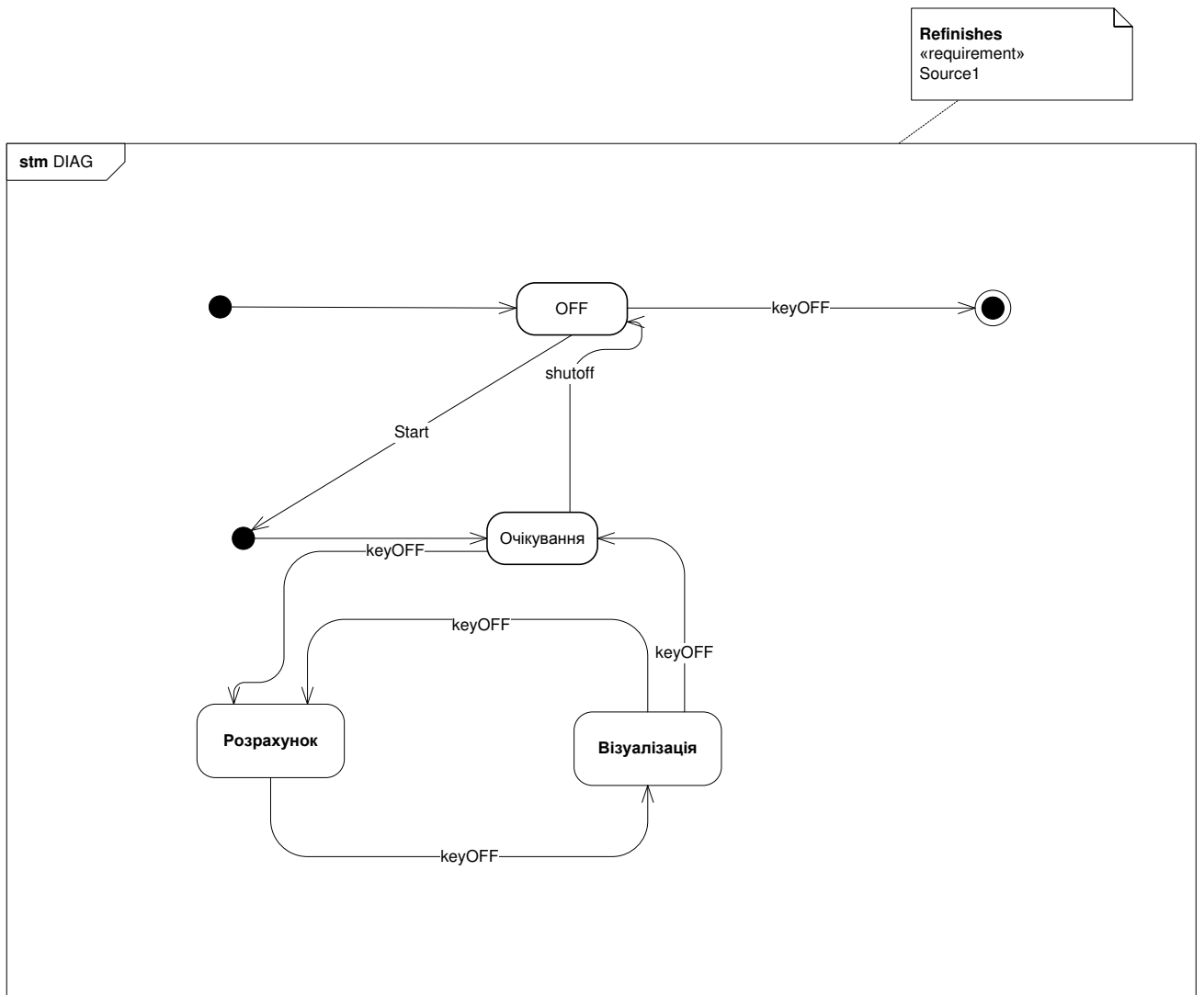
## 2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК

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

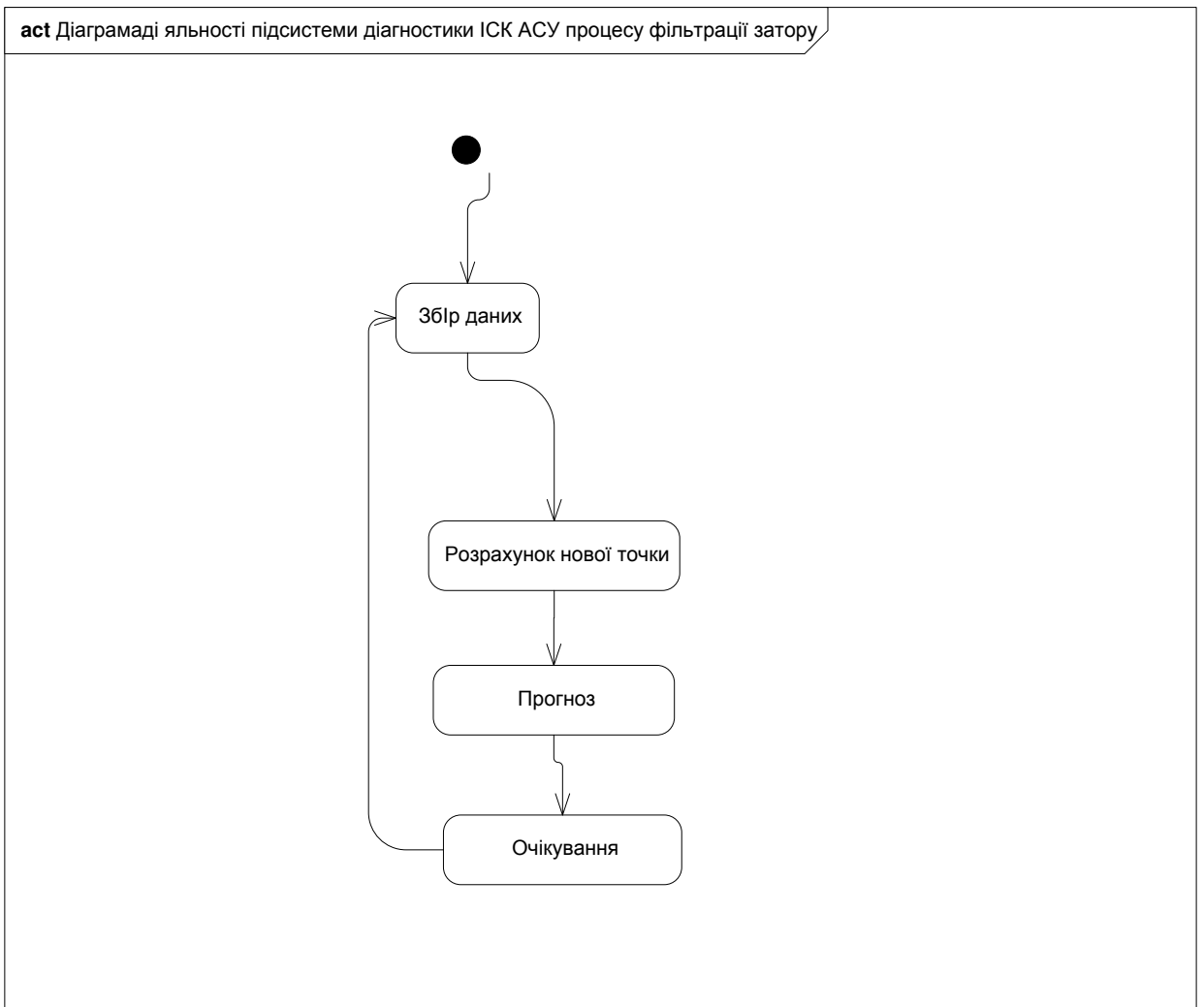
Моделювання поведінки системи окреслює входи, виходи, послідовності та для координації підсистем. Дані діаграми забезпечують гнучкі посилання на блоки, володіють такою поведінкою.

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

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



**Рис. 2.6..1** Приклад State Machine diagram для процесу фільтрації затору



. 2.6.1.2 Діаграма активності для підсистеми моніторингу АСУ фільтрації затору Activity diagram

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

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

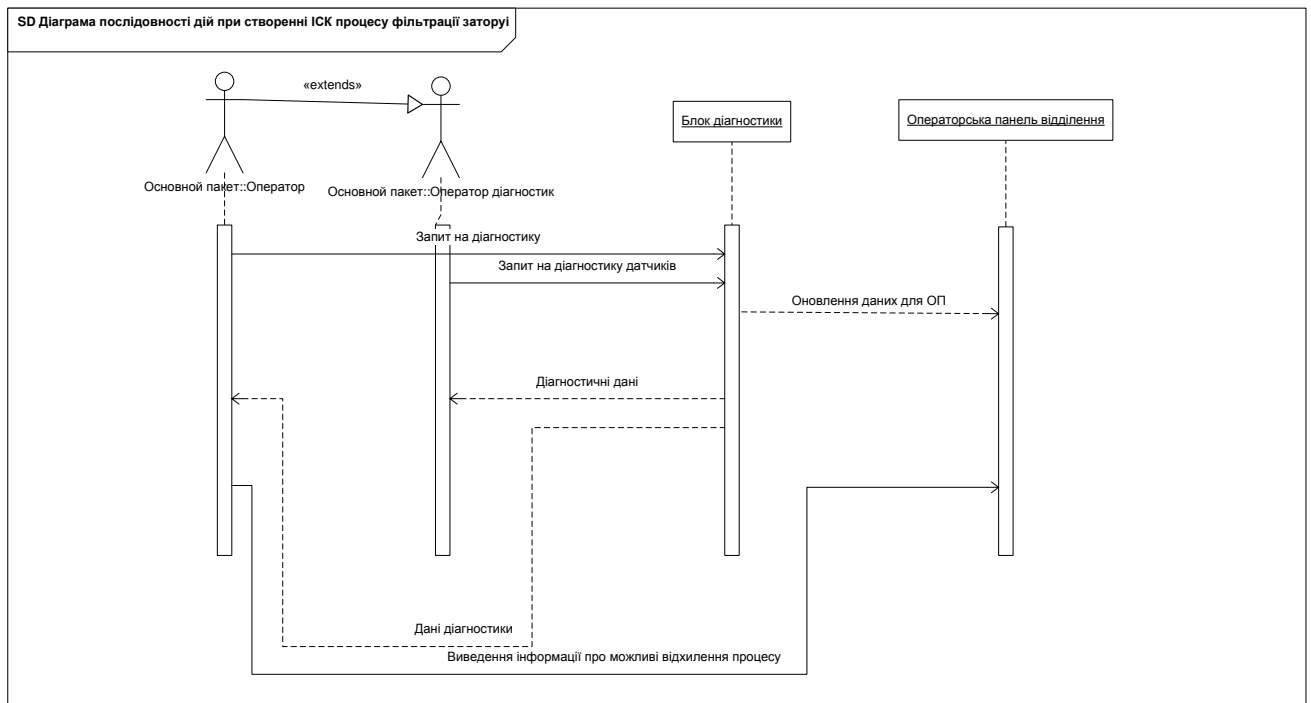


Рис. 2.6.2.1 Sequence diagram процесу фільтрації затору

## Розділ 3 – Розробка та програмного забезпечення ІСК

### 3.1 Принцип побудови нейрорегулятора NN Controller

Синтез нейрорегулятора для електромеханічної системи з пружними зв'язками виконано виис-танням пакет прикладних програм Neural Network Toolbox системи MATLAB. моделі сис-тем управління з нейромережевими регуляторами розміщені в спеціальному Control Systems набору блоків Neural Network Blockset. У MATLAB реалізовані нейрорегулятори: регулятор на ос-нові моделі авторегресії зі змінним – NARMA-L2 Controller, регулятор на основі еталон-ної моделі Model Reference Controller і регулятора з прогнозом NN Predictive Controller. управління на основі моделі авторегресії зі змінним середнім регулятор являє досить просту реконструк-цію нейромережевої моделі керованого об'єкта, отриманої на автономної ідентифікації. Регу-лятор NARMA-L2 Controller вимагає найменшого обсягу . Недолік методу полягає в тому, що модель об'єкта повинна бути в канонічній формі простору стану, якій відповідає супроводжу-юча матриця, може призводити до обчислюваль-них погрішностей.

При управлінні на основі моделі регу-лятор – це нейронна мережа, яка навчена управляти так, щоб він відстежував поведінку еталон-ної моделі. При цьому керованого об'єкта активно виистовується при налаштуванні параме-трів самого регулятора. побудові нейрорегулято-ра Model Reference Controller спочатку виконується ідентифікація об'єкта , а потім проводить-ся синтез закону управління. Необхідний обсяг обчи- для цього регулятора можна порівняти з попе-реднім. Однак архітектура з еталонною моделлю вимагає навчання нейронної мережі об'єкта управління і мережі регулятора. При цьо-му навчання регулятора виявляється достатньо скла-, оскільки засноване на динамічному варіанті методу зворотного розповсюдження помилки.

Регулятор прогнозом NN Predictive Controller виистовує модель об'єкта управління у вигляді мережі для того, щоб передбачати його майбутню поведінку. Алгоритм оптимізації -лює управляючі сигнали, які мінімізують різницю між бажаними і дійсними сигналу на виході моделі і таким чином оптимізує поведінку об'єкта заданому інтервалі часу. Побудова моделі об'єкта управління виконується автономно з нейронної мережі, регулятор навчається в

групово-му режимі з виистанням з алгоритмів навчання. Регулятор вимагає значного обсягу обчислень, оскільки розрахунку оптимального закону управління оптимізація виконується на кожному такті.

Як показали дослідження, ні за яких параметрів нейрорегуляторів NARMA-L2 і Model Reference Controller не вдалося отримати задовільні динамічні характеристики, що розглядається в даній роботі. Ефективним є регулятор з зом NN Predictive Controller, тому розглянемо його більш детально.

Проектування складається з двох етапів: етап ідентифікації об'єкту управління нейрорегулятора етапу синтезу закону управління. На етапі ідентифікації розробляється модель об'єкту вигляді нейронної мережі, яка на етапі синтезу виистовується для синтезу.

Схема підсистеми ідентифікації показана на рис. 1. Вона включає модель управління у вигляді нейронної мережі, яка повинна бути навчена в режимі так, щоб мінімізувати помилку між реакціями об'єкта і  $e = y - y_n$  на послідовність пробних сигналів  $u$ .

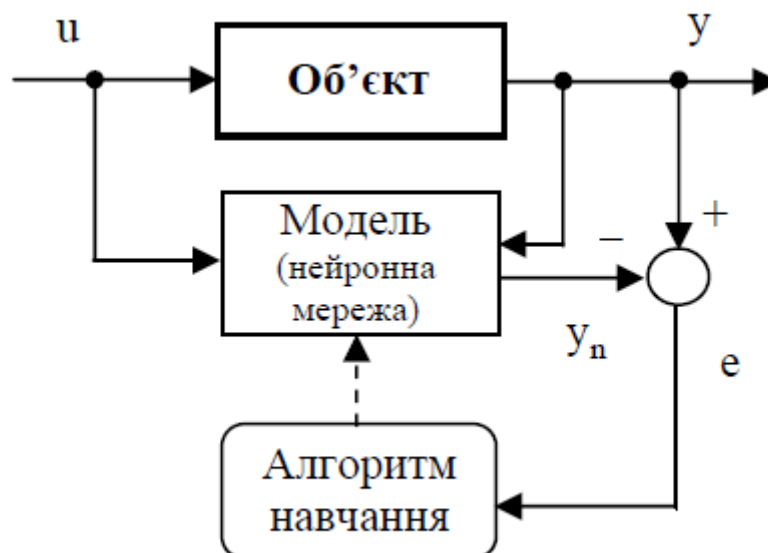


Рис. 1. Схема підсистеми ідентифікації

У даній алгоритму нейронна мережа повинна бути налаштована для моделювання входу виходу об'єкта регулювання. Для цієї мети доцільно виистовувати нейронну типу бага-тошаровий персептрон (БП), яка відрізняється уні- при моделюванні різних об'єктів регулювання. БП в даний

час найбільш повно теоретично досліджена мережа. Існуючі теореми стверджують, БП за умови достатньої кількості нейронів може відображати практично будь-які зв'язки. Нейронна мережа регулятора об'єкта управління представлена на рис. 2. має 2 шари нейронів і використовує лінії затримки (ЛЗ) щоб запам'ятати попередні значення входів і виходів об'єкта з метою майбутнього значення виходу. Функція активації нейронів прихованого шару – гіперболічна функція, вихідного нейрона – лінійна.

Налаштування параметрів цієї мережі виконується автономно методом групового навчання, використовуючи дані, отримані при випробуваннях реального об'єкта. Для навчання мережі може бути використаний будь-який з навчальних алгоритмів для нейронних мереж. У даній роботі використаний алгоритм Левенберга-Марквардта, є одним з найбільш ефективних. Даний метод має найшвидшу збіжність і забезпечує високу точність навчання. У ППП Neural Network Toolbox даний алгоритм реалізований у вигляді М-функції `trainlm`.

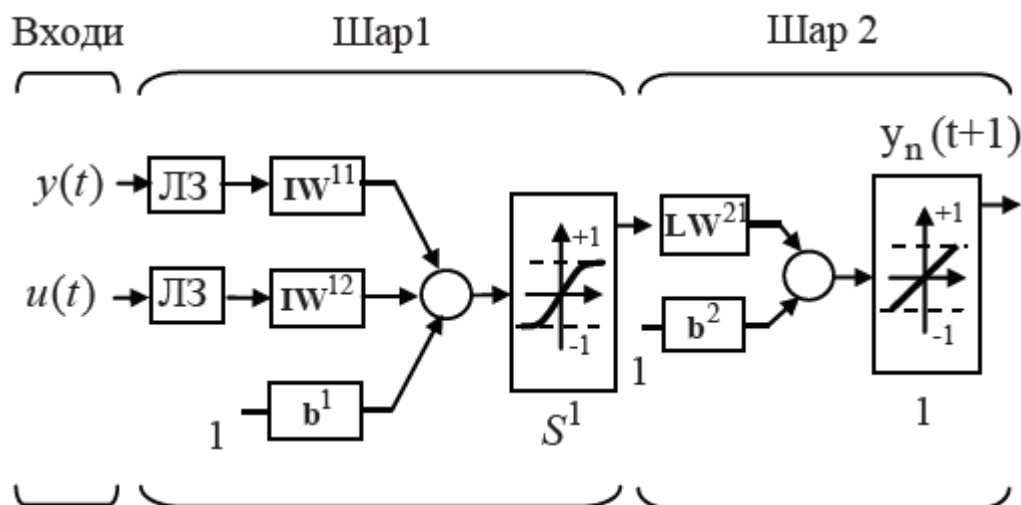


Рис. 2. Нейронна мережа регулятора керованого об'єкта

Як зазначалося, з прогнозом використовується принцип горизонту, що віддаляється, коли нейронна мережа керованого об'єкта передбачає реакцію об'єкта на певному інтервалі часу впереду. Передбачення використовується програмою чисельної оптимізації для того, щоб обчислити сигнал, який мінімізує критерій якості

$$J = \sum_{j=N_1}^{N_2} [y_r(t+j) - y_m(t+j)]^2 + \rho \sum_{j=1}^{N_4} [u'(t+j-1) - u'(t+j-2)]^2,$$

де константи  $1N$ ,  $2N$   $4N$  задають межі, всередині яких обчислюються помилки стеження і  $\rho$ -жність керуючого сигналу. Змінна описує пробний керуючий сигнал; очікувана, а  $u'$  – дійсна реакція моделі системи, що розглядається.  $\rho$ -чина визначає внесок, який вносить потужність управління в критерій якості.

Структурна схема на рис. 3 ілюструє процес управління з прогнозом. складається з нейромережевої моделі керованого об'єкта і блоку оптимізації. Блок визначає значення, які мінімізують критерій якості управління, а відповідний сигнал управляє процесом.

### **3.2 Виистання моделі нейромережевого регулятора рішення задач для керування витратою сула на фільтрування**

При синтезі NN Predictive Controller виистовуються файли, розміщені в каталозі toolbox// nncontrol системи Simulink, які можна розбити на три групи функції одновимірної оптимізації, моделі Simulink, допоміжні функції: Sfunxy2 - функція виведення графіків; Nncontrolutil □ підтримка, що забезпечує можливість до приватних функцій з системи Simulink; Nnident.m функція, при ідентифікації об'єкту, знаходиться в каталозі private і забезпечує графічний інтерфейс -ча, генерацію навчальної вибірки, створення і тре-нування мережі.

На . 4 показана структурна схема пропонованої нейромережевої системи управління двомасо- електромеханічною системою, розроблена в Simulink. Ця структура включає блок керованого (Subsystem) і блок регулятора NN Predictive Controller, а блоки генерації еталонного ступінчатого сигналу з випадковою амплітудою Random , блок побудови графіків.

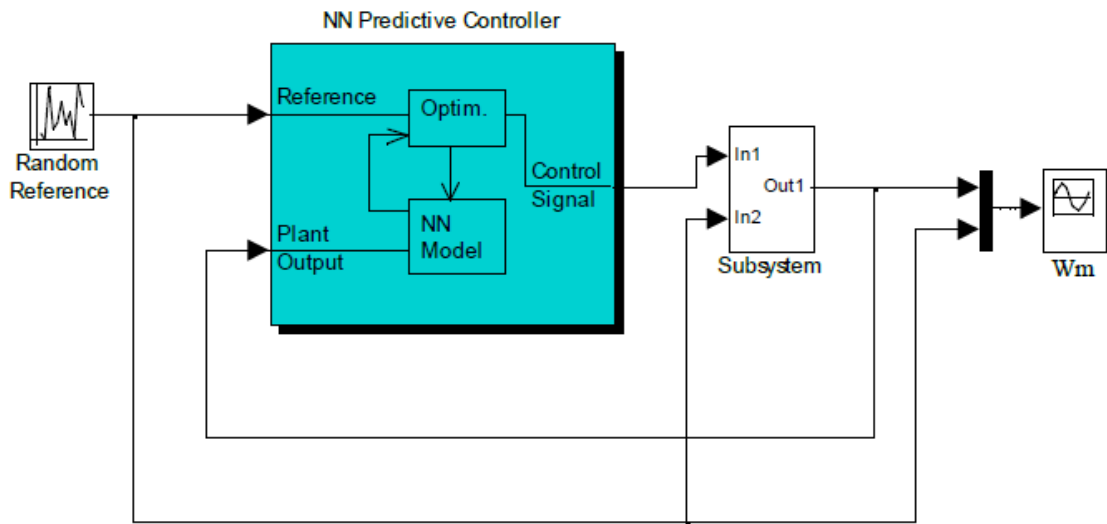


Рис. 4. Схема моделі системи управління з нейрорегулятором NN Predictive Controller

### 3.3. Формування керувального діяння вицтанннм нейромережевого регулятора

Схема моделі об'єкту управління приведена на рис. 3.1. Схема складена відповідно до рівнянь динаміки двомасової системи витрати, що має структуру з підсумовуючим підсилювачем, на вході якого сигнали завдання і сигнали зворотних зв'язків. В системі реалізовані наступні зв'язки: жорсткий зворотний зв'язок за температурою, гнучкий зворотний зв'язок струму і зворотний зв'язок по струму з відсіченням. На схемі рис. 5 не враховано зворотний зв'язок по струму з відсіченням, він не бере участь в робочих режимах. У якості привідного застосовано асинхронний двигун незалежного збудження.

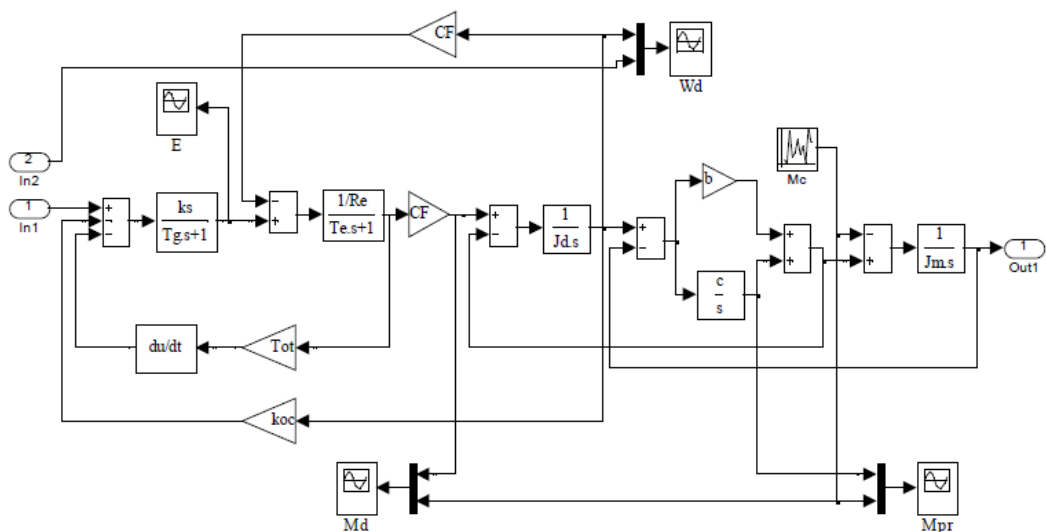


Рис. 5. Схема моделі об'єкту управління (Subsystem)

Рис. 3.3.1 управління витратою сула в фільтр пресі.

### 3.3.1 системи керування. Обґрунтування методу та режиму навчання регулятора

Розглядається система витратою в фільтрі сула за допомогою нейроконтролера із виистанням моделі авторегресивного ковзаючого середнього для ідентифікації і управління електроприводом як динамічною .

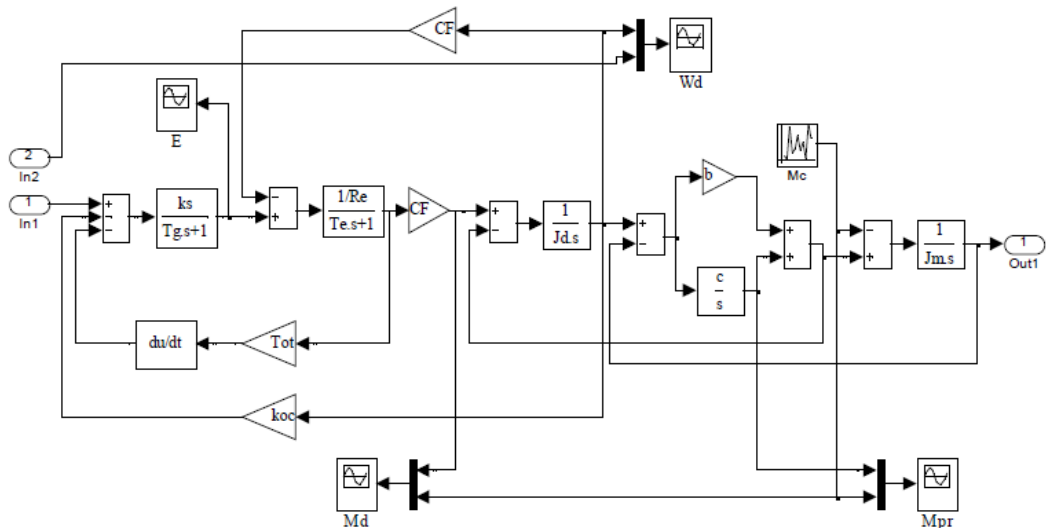


Рис. 5. Схема моделі об'єкту управління (Subsystem)

Рис. 3.3.1.1 Структурна схема контуру регулювання розтрубного пристрою.

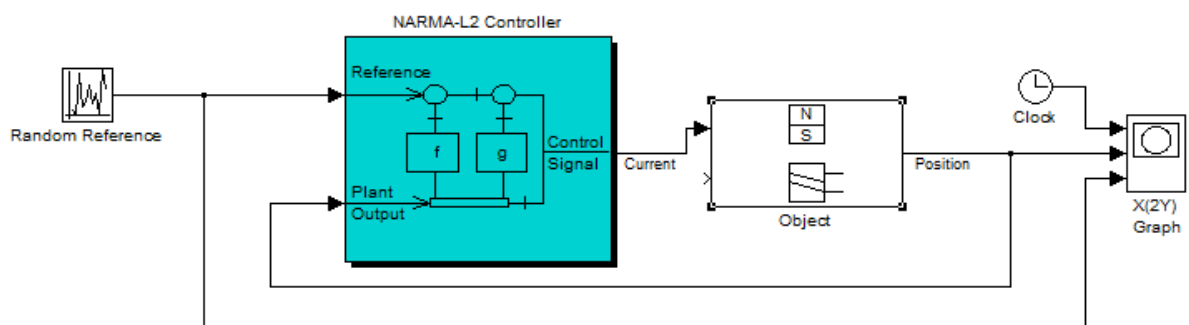


Рис. 3.3.1.2 Структурна схема управління контуром температури розтрубного пристрою з допомогою нейроконтролера.

Структурна системи управління температури з нейроконтролером NARMA-L2 зображена на рис

При застосуванні NARMA-L2 з виистанням управління із лінеаризованим зворотнім перший етап полягає в ідентифікації параметрів об'єкту управління. Навчання нейронної здійснюється з виистанням прогнозованої зміни динаміки об'єкту. Також, на першому визначається структура моделі нейроконтролера [3]. В нейроконтролері застосовується стандартна модель для узагальненого представлення нелінійних дискретних систем – це із виистанням нелінійної авторегресії із ковзаючим середнім (NARMA):

етапі ідентифікації об'єкту, можна тренувати нейронну мережу апроксимуючи нелінійну функцію . Для того, щоб вихід системи мав вигляд деякої заданої траєкторії  $(k + d) = yr(k+)$ , наступний етап буде полягати у розробці нелінійного контролера виду

$$u(k) = G[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), y_r(k+d), u(k-1), \dots, u(k-m+1)]. \quad (2)$$

Проблема з виистанням цього контролера в тім, що при нейронної мережі для створення функції  $G$  з метою мінімізації квадратичної , необхідно виистовувати динаміку зворотнього розповсюдження. Це призведе до уповільнення процесу . Одне з рішень полягає у виистанні наближених моделей для представлення управління. Виходячи з цього нейроконтролер, що виистовується для управління засновується наближеної моделі NARMA-L2.

$$y(k+d) = f[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] + g[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] \cdot u(k). \quad (3)$$

Виистання цього рівняння безпосередньо може проблеми при реалізації, тому необхідно визначити управляючий вхід  $u()$ , який відповідає виходу  $y(k)$  для однакового часу. Таким чином, замість алгоритму, що описується (4), алгоритм який відповідає:

$$y(k+d) = f[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] + g[y(k), \dots, y(k-n+1), u(k), \dots, u(k-m+1)] \cdot u(k+1), \quad (5)$$

де  $d > 2$ .

На наступному рисунку представлена структура мережі:

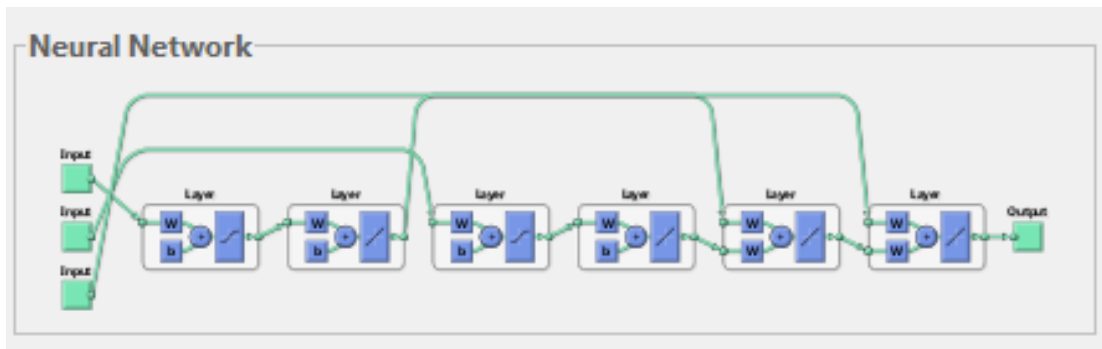


Рис. 3.3.1.3. Структурна схема мережі

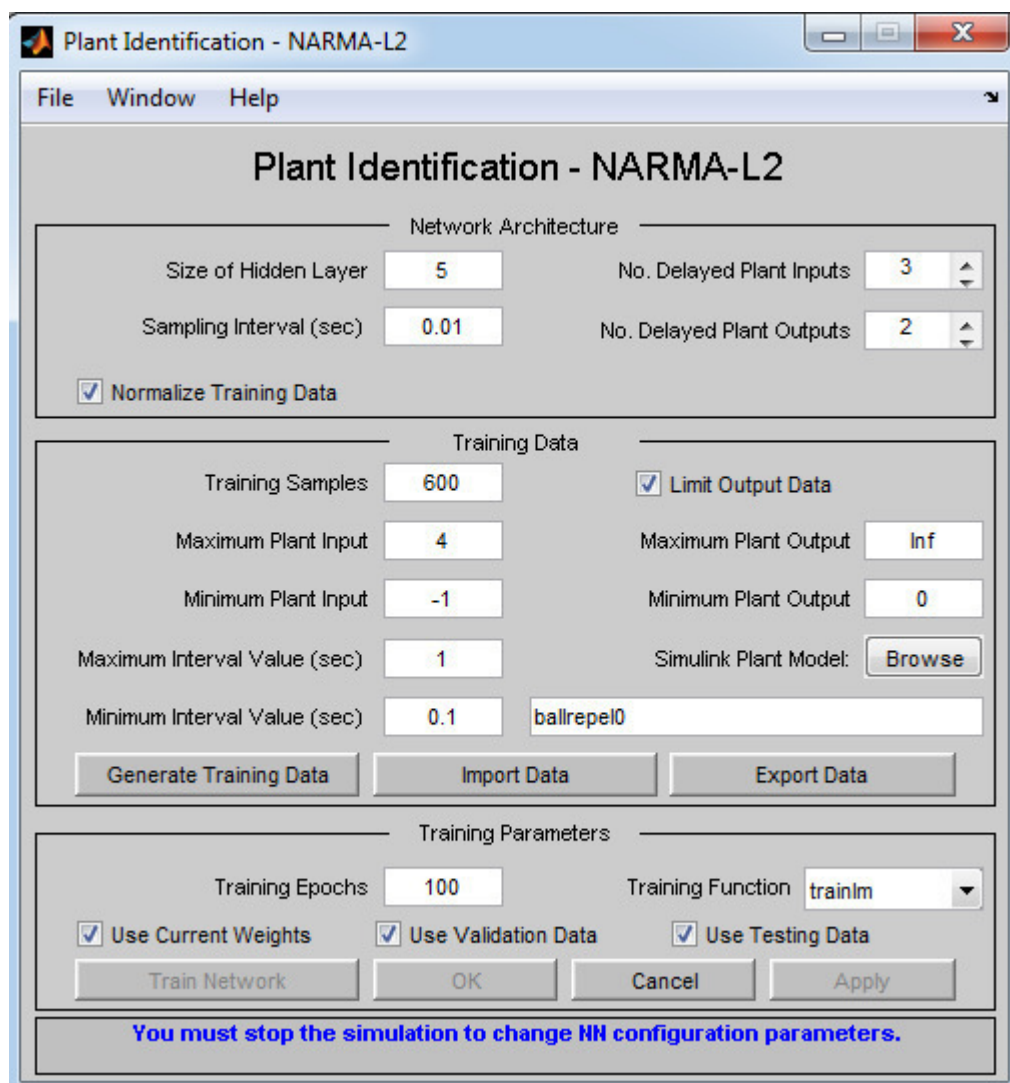


Рис. 3.3.1.4 Вікно процедури ідентифікації.

параметрів для формування структури нейронної мережі наступний:

1. **Size the Hidden Layer** – 2 – кількість нейронів у прихованому ;

2. **No. Delayed Plant Inputs** – 3 – число затримки для вхідного шару нейронів;

3. **No. Delayed Plant** – 2 – число ліній затримки для вихідного шару нейронів

4. **Sampling Interval (sec)** – 0.01 – дискретності між двома послідовними моментами відліку даних;

5. **Normalize Data** – встановлення нормування для приведення даних навчання до діапазону **0 1**].

Набір елементів управління, для завдання характеристик навчальної послідовності нейронної наступний:

1. **Training Samples** – 1000 – число точок для отримання навчальної послідовності у вигляді пар значень вхід-вихід управляемого процесу, який визначається моделлю **Simulink**;

2. **Maximum Plant** – 4 – максимальне значення вхідного сигналу;

3. **Minimum Input** – -4 – мінімальне значення вхідного сигналу;

4. **Interval Value (sec)** – 2 – максимальний інтервал , в секундах;

5. **Minimum Interval Value (sec)** 0.1 – мінімальний інтервал ідентифікації, в секундах;

6. **Output Data** – встановлює обмеження значень вихідного сигналу;

7. **Plant Model** – для завдання моделі управляемого процесу, що має входу і виходу і зберігається у файлі **\*.mdl**, вибір проводиться за допомогою **Browse**, де вводиться ім'я моделі.

8. **Training** – 200 – кількість циклів навчання;

9. **Training Function** задає функцію навчання;

10. **Use Current Weights** – встановлює поточних вагових коефіцієнтів нейронної мережі;

11. **Use Validation Data** встановлює виистання контрольної множини в об'ємі **25 %** від навчальної ;

12. **Use Testing Data** – встановлює вистання тестової множини об'ємі **25%** від навчальної множини. При синтезі системи управління ТРН-АД було проведено тренування нейронної мережі. Результати тренування показані рисунках:

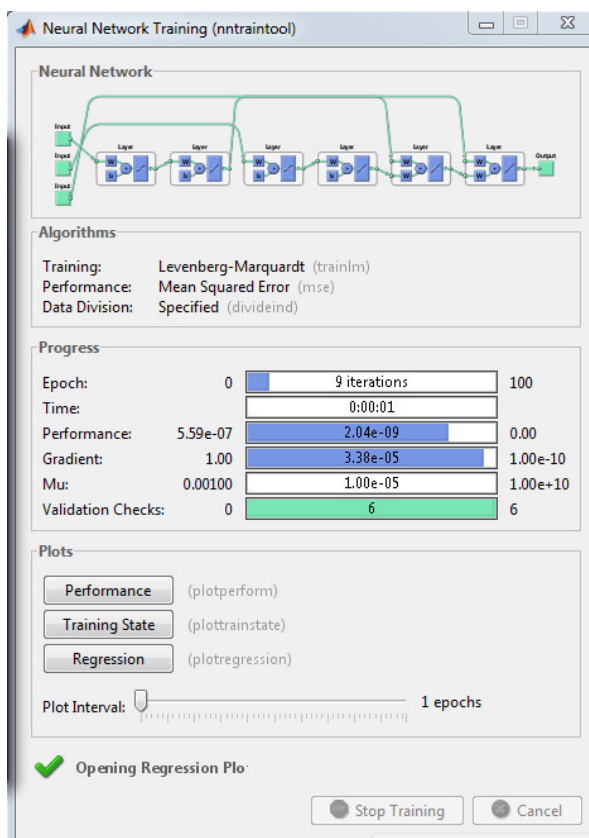


Рис. 3.3.1.5. Головне меню нейронної мережі та дані навчання

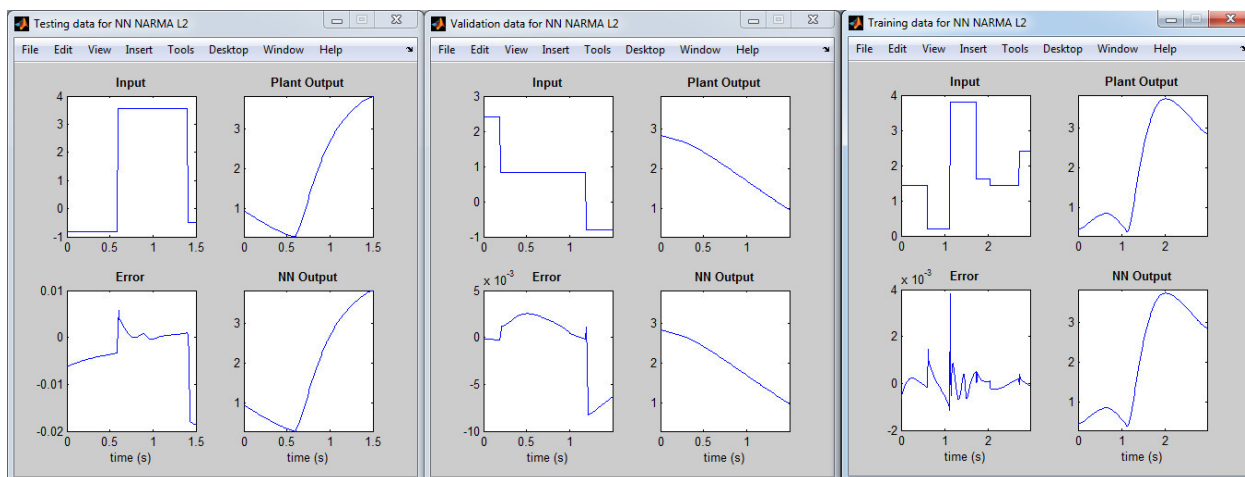


Рис. 3.3.1. Графіки вхідного і вихідного сигналів об'єкта управління

Графіки перехідних процесів, були зняті при моделюванні в середовищі MatLab приведені на рисунках

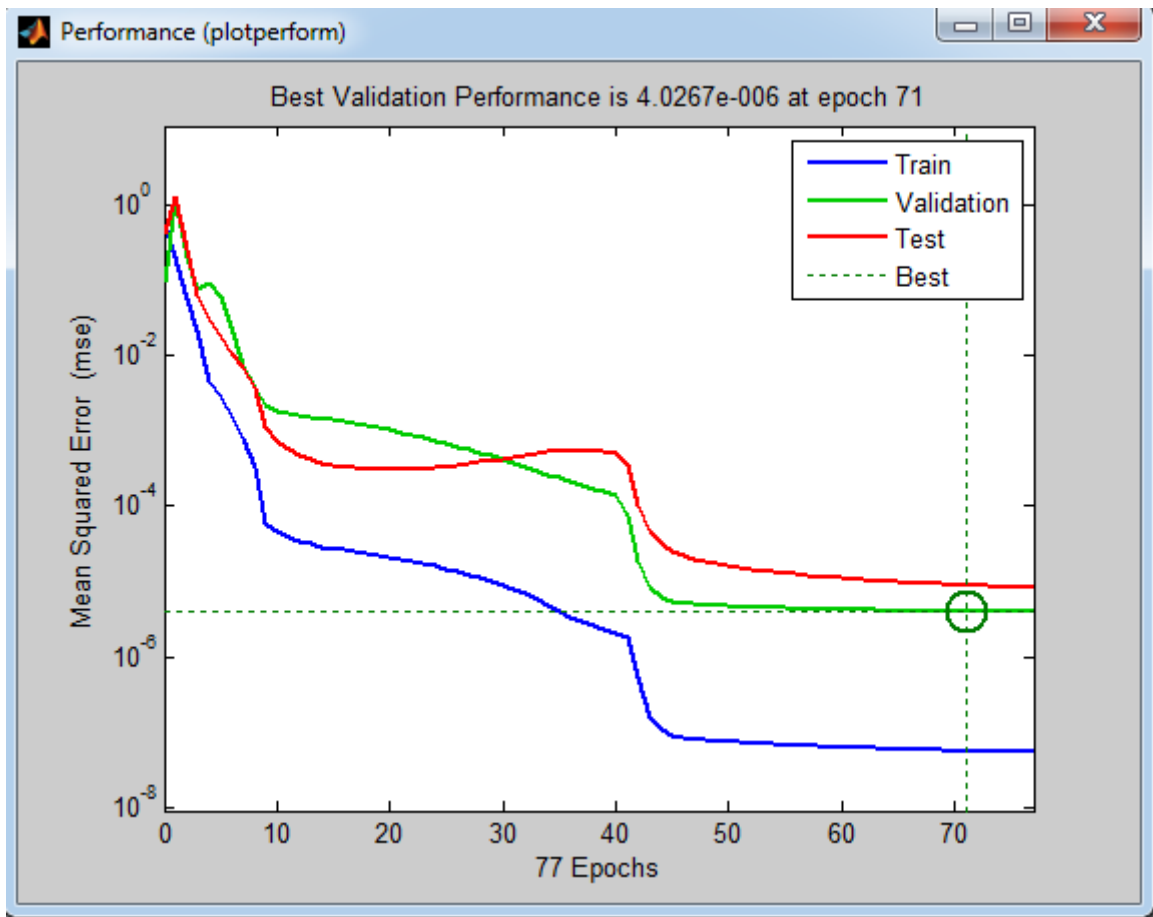
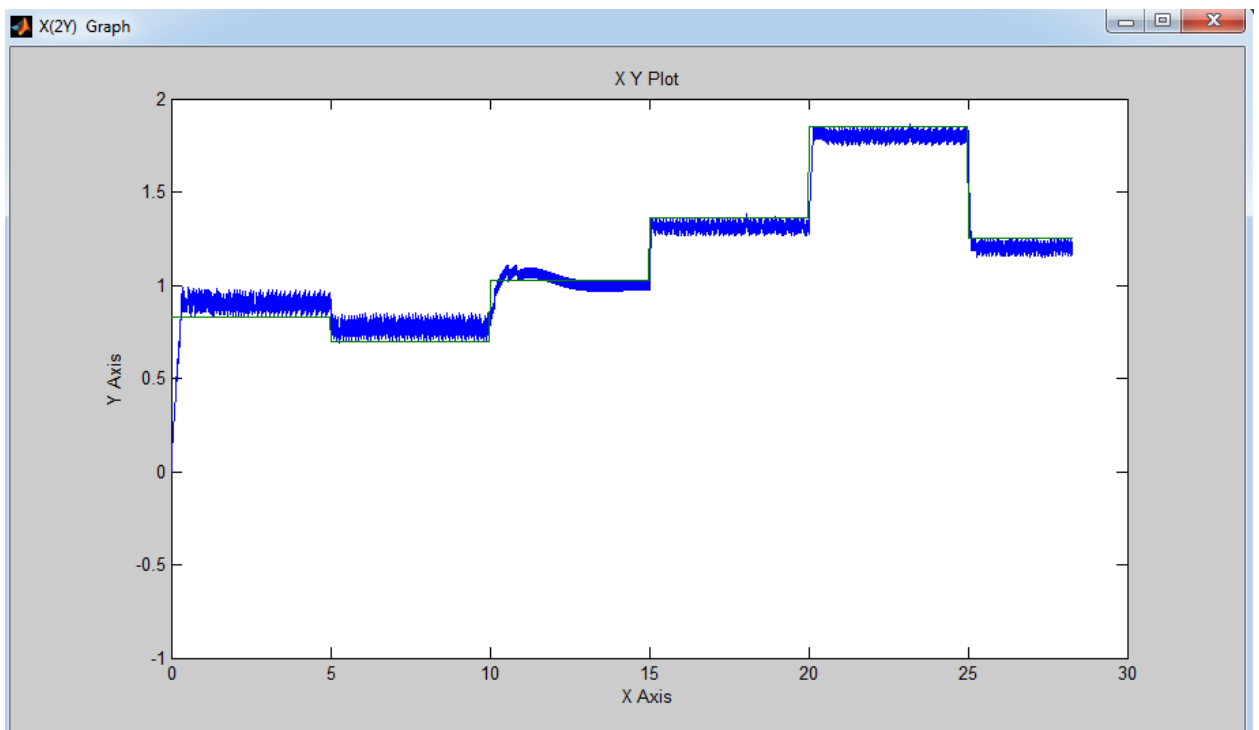


Рис. 3.3.1.7 Графік зміни швидкості навчання



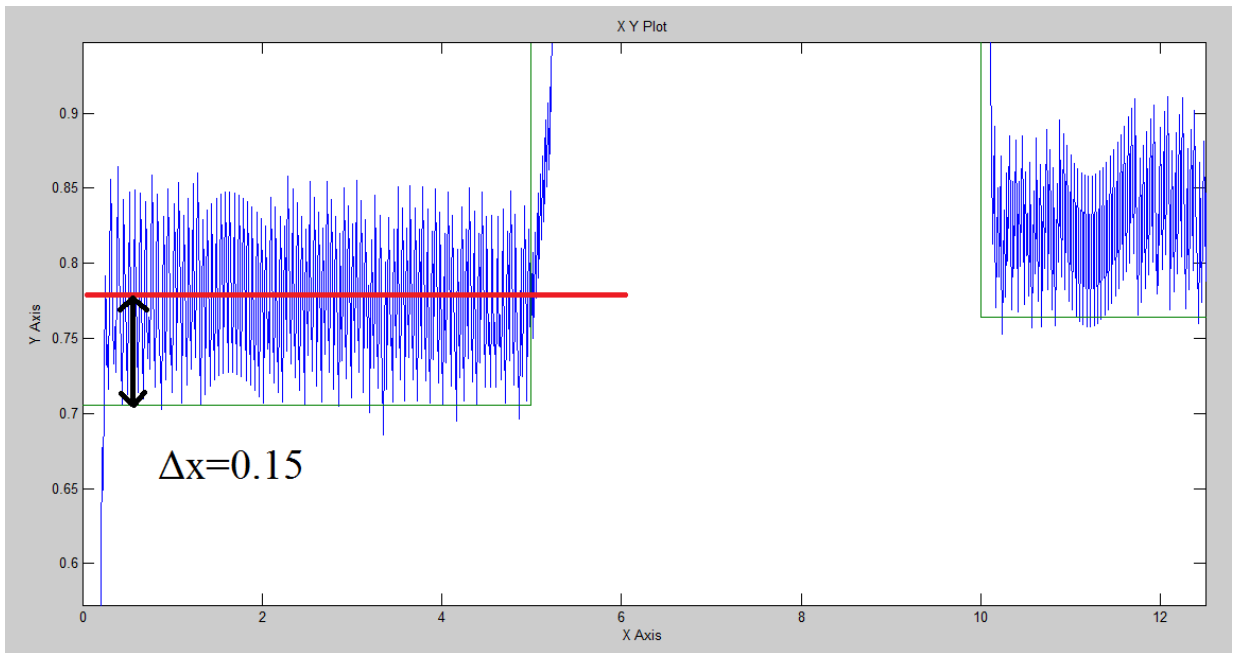


Рис. 3.3.1.8 Графік зміни перехідного при зміні завдання

Змінюємо завдання блоком Random Number. При зміні отримуємо графік:

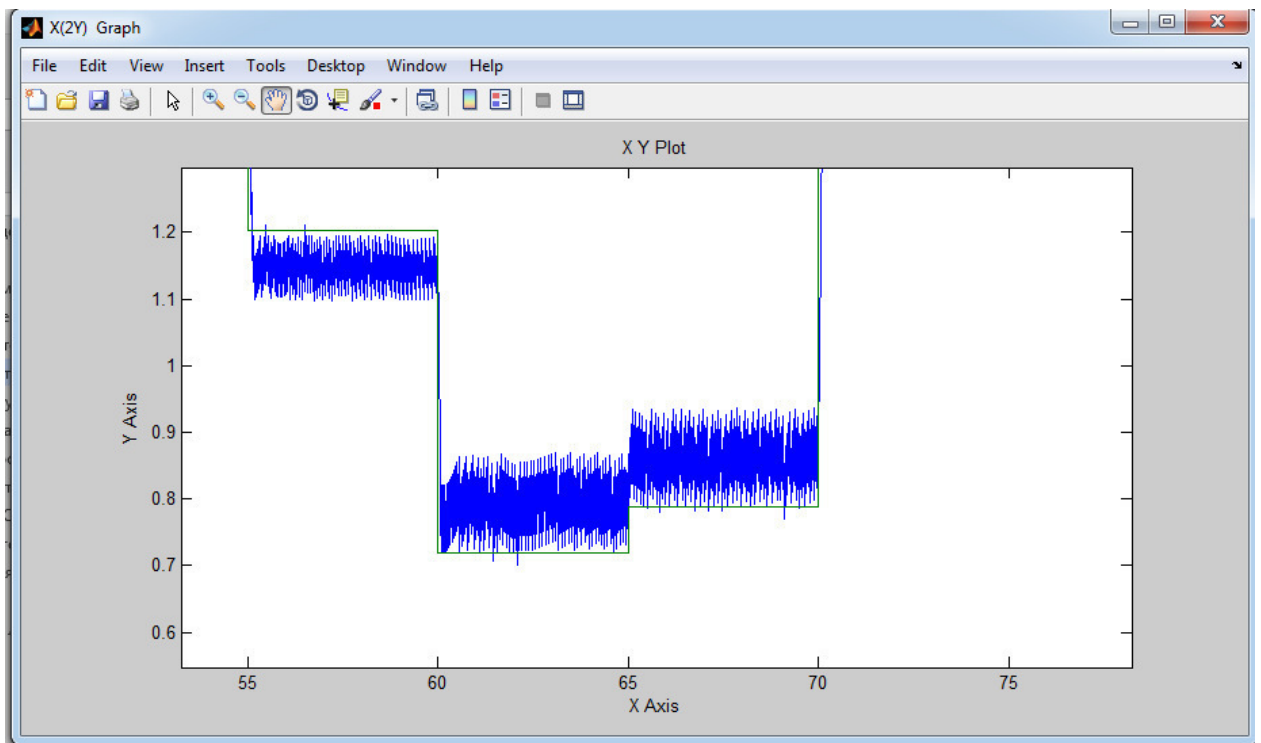


Рис. 3.3.1.9 Графік температури

Статична похибка змінюється в межах 0,1-0,15 зміні завдання. Метод найменших квадратів забезпечує необхідний рівень перехідного процесу. він нас повністю задовольняє.

## **Висновки до пункту**

Висновок. Основною перевагою нейроконтролерів для управління є те, що для синтезу структури та нейроконтролера не потрібні кількісні оцінки параметрів об'єкту, достатньо оперувати динаміками, характеризують стан об'єкту. Основний напрямок дослідження який визначився у останні це ідентифікація та управління. Цю складну задачу можна вирішити тільки виістанням нейронних мереж.

### 3.3.2. Аналіз результатів моделювання. точності часткових розв'язків задачі керування нейромережевим регулятором

Настройки ПД-регулятора за допомогою Циглера –Ніколса. Для цього знаходимо  $K_p$  критичне, якому система (рис. 1) знаходиться на межі стійкості (рис. 2).

$K_{p\text{крит}}=5,6$ .  $T_p=50$  ( ).

Наближеним методом розрахунку параметрів настройок регуляторів є метод *незагасаючих* (в технічній літературі його називають методом Ціглера-Нікольса). систему автоматичного регулювання з П-регулятором переводять в режим автоколивань допомогою збільшення  $K_{\text{рег}}$ . Якщо в системі працює П-регулятор, то  $\rightarrow \infty$ , при ПД-регуляторі  $T_i \rightarrow \infty$ ,  $T_d \rightarrow 0$ . Для автоколивань визначають критичні значення  $K_{\text{рег}}^{\text{крит}}$  і період  $T_p^{\text{крит}}$ . Тоді наближеними настройки П, ПІ та ПД-регулятора будуть :

*Параметры типовых регуляторов*

	$k_p$	$k_i$	$k_d$
<b>П-регулятор</b>	$0,50k_p^*$		
<b>ПИ-регулятор</b>	$0,45k_p^*$	$0,54k_p^*/T^*$	
<b>ПД-регулятор</b>	$0,60k_p^*$	$1,2k_p^*/T^*$	$0,075k_p^*T^*$

П-регулятора:

$$K_p=5,6*0,52,8$$

Для ПІ-регулятора:

$$K_p= K_p() * 0,45 = 0,45 * 5,6 = 2,52;$$

$$K_i = (0,54 * K_p(\text{крит}) / T_p = 0,06$$

Для ПД-регулятора

$$K_p= K_{p\text{крит}} * 0,6 = 0,6 * 5,6 = 3,36;$$

$$K_i = (1,2 * (K_{p\text{крит}}) / T_p = 1,2 * 5,6 / 50 = 0,1344;$$

$$= 0,075 * K_p(\text{крит}) * T_p = 0,075 * 5,6 * 50 = 21;$$

відповідні настройки у схему і отримуємо перехідні процеси, що зображені рис. 5-7.

Встановлюємо коеф. Настройки ПД-регулятора в структурну (рис.3) і отримуємо перехідний процес, який має якісні показники:  $\phi=0,9$ ,  $A1=4,$ . Порівнюючий його з перех. Процесом з П-регулятором можна сказати, час регулювання у ПД-регулятора менший, але не набагато, ступінь більший, і динамічна похибка також менша. Тобто робимо висновок, що ПД-регулятора в даному випадку доцільне. П-регулятор має статичну, що суттєво звужує його область застосування.

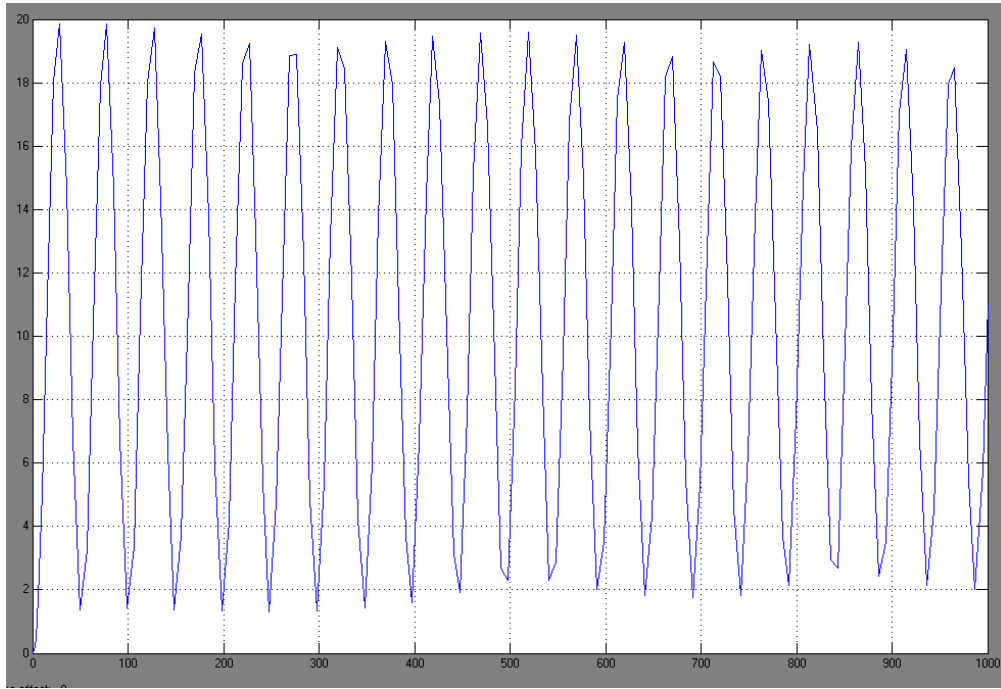


Рис. 3..2.1. Перехідний процес АСР з ПІ-регулятором на межі ( $K_p(\text{крит.})=5,6$ )

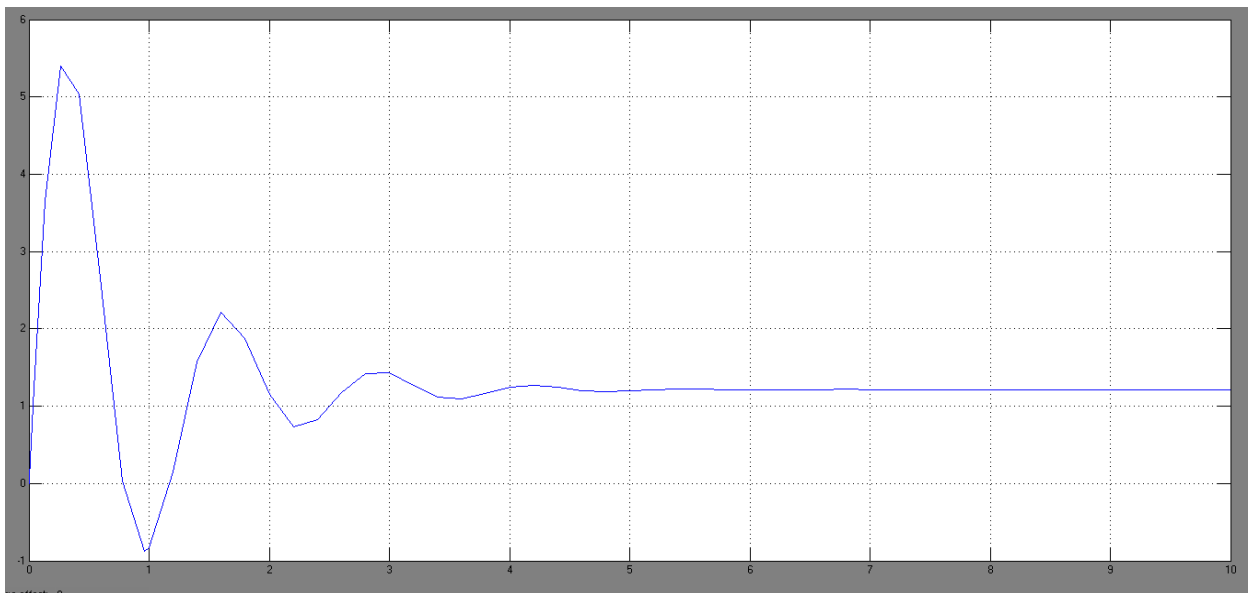


Рис. .3.2.2. Перехідний процес АСР з ПІД-регулятором.

$$\psi = (-A_3)/A_1 = (4 - 0,9)/4 = 0,77; \quad A_1 = X_{1\text{max}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta X_{\text{ст}} = 0,085 \text{ } ^\circ\text{C};$$

бачимо по графіках перехідного процесу, що якісні показники в ПІД- кращі, через меншу статичну похибку, та затухаючий перехідний процес. Динамічна в нейрорегулятора менша.

### Порівняння регуляторів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

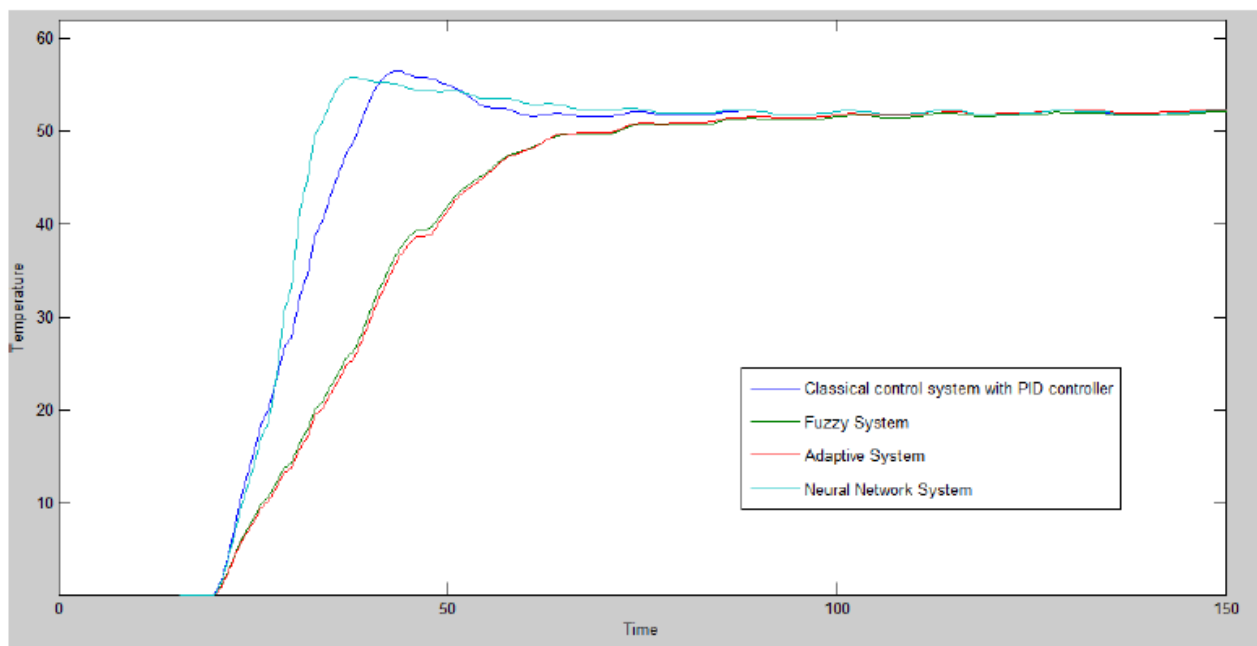


Рис. 3.3.2.. Графіки перехідних процесів  
Результати моделювання

	АСР з ПІД-регулятором	АСР с fuzzy-регулятором	Адаптивна АСР з нечітким блоком адаптації	АСР зі спеціалізованим нейронним керуванням
Перерегулювання, %	8,5%	0,3%	0,82%	7,2%
Тривалість перехідного процесу, с	64	97	97	67
Інтегральний показник якості	173,99	211,72	214,27	171,68

Із таблиці та графіків можна зробити висновки:

1. Найшвидше на заданий режим виходить АСР з -регулятором, найповільніше – АСР з нечітким регулятором, що може бути з необхідністю оптимізації функцій належності чи збільшення кількості термів.

2. перерегулювання спостерігають у АСР з ПІД-регулятором, причому налаштування здійснювалося , тобто покращити цей результат суттєво неможливо. Найменше перерегулювання – у з fuzzy-регулятором, що пояснюється повільним та поступовим виходом на режим, без стрибків. Такий самий результат показує і адаптивна система рахунок виистання нечіткої моделі в якості блоку адаптації.

3. Інтегральний якості найменший у АСР зі спеціалізованим нейронним керуванням, що вказує найменшу похибку керування; найгірший показник – у АСР з -регулятором.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Тобто найкращі якісні показники має система із нерорегулятором.

Висновок За збільшення кількості епох з 100 до 200 зменшується статична при зміні завдання. Тобто спостерігаємо єдність розв'язків при зміні завдання умов навчання нейромережі.

### 3.4. Розробка та моделювання ІСК

Фільтр- має динамічну систему з декількома взаємопов'язаними вхідними величинами. Зате явно спрямованість контурів регулювання за основними каналами регулюючих дій, таких як сиропу, пудри, температури сиропу, тиск в апараті, рівень в апататі, гріючої пари, в'язкість в апараті які дозволяють здійснювати стабілізацію регульованих за допомогою незалежних одно контурних систем, пов'язаних лише через об'єкт . Необхідно спрогнозувати витрату затору в залежності від вхідних даних, таких швидкість обертів валу двигуна фільтруючої тканини, тиску повітря на механізм

За основу взято шість вхідних змінних:

PE1: [0-1 МПа).] – тиск повітря до механізму зажиму;

: [(0-30) об/год ] – обертів валу двигуна фільтруючої тканини;

T1: [(0-)C] – гарячої води в збірнику-змішувачі;

: [(0-500)C] - температура затору;

: [(0-300)C] - температура затору на ;

Вихідна змінна:

F1: [(0-100)./год.] - витрата затору в фільтр-прес;

В виистовуються трикутні функції належності. Нечіткі змінні: низька, нижче норми, , вище норми, висока.

В протоколі роботи зафіксувати правила нечіткого , поверхні відгуку бази знань та зробити відповідні висновки.

					<i>Магістерська робота</i>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних

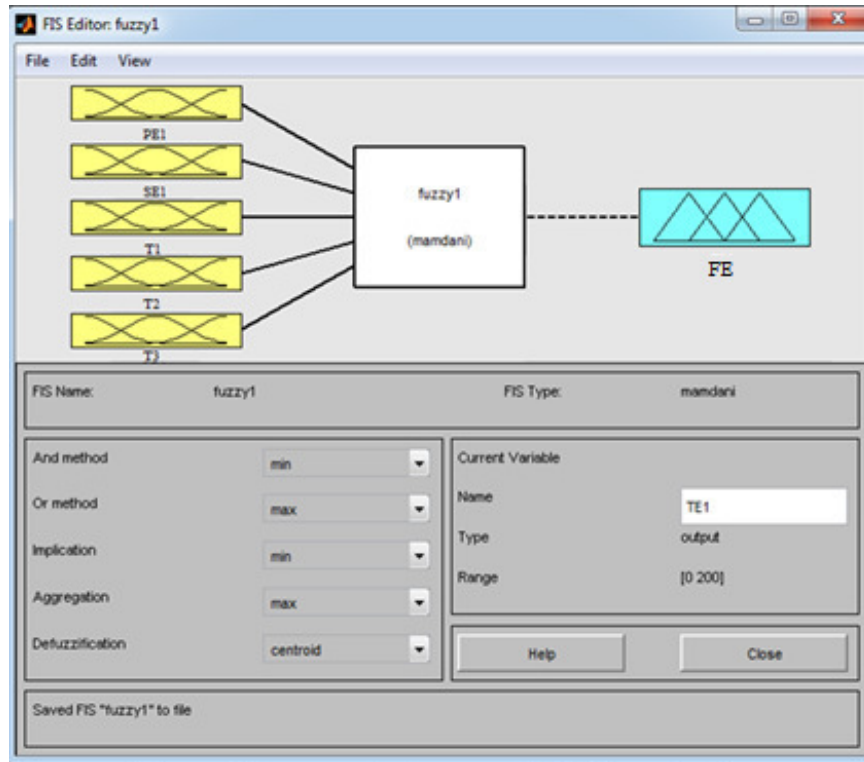


Рисунок 3.1 Параметрична структура підсистеми (нечіткого висновку)

#### Настроювання функції належності

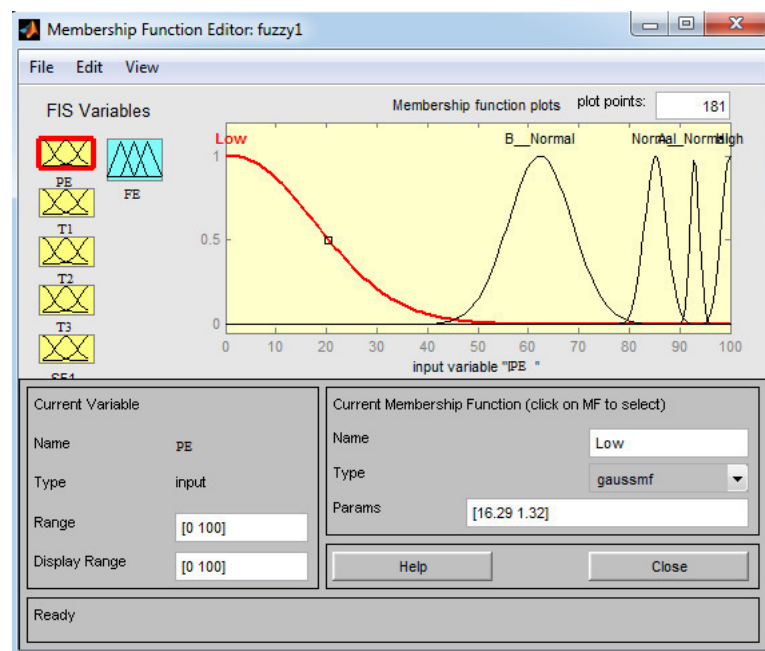


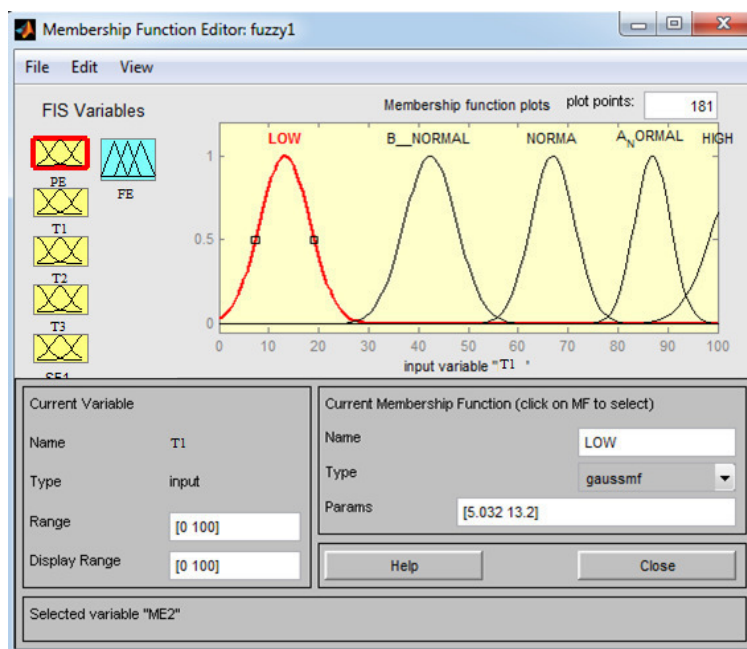
Рисунок 3.2 – Вікно редагування функції належності (повытря на механізм зажиму)

Виділяємо курсором миші функцію належності в нижній частині вікна змінюємо в зоні параметрів Current Variable Range (ряд) і Display Range (ряд,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

що ) - діапазон змінювання вхідного параметру. Як правило, це мінімальне і значення параметру.

Лінгвістичні поняття	Тиск, бар		
Низька LOW)	16,29	1,32	
норми (B_NORMAL)	6,34	,35	
Норма (NORMAL)	2,	85,2	
Вище норми (ANORMAL)	0,89	93	
Висока HIGH)	1,68	100	



### 3.3 - Вікно редагування функції належності (температура води в змішування)

Лінгвістичні поняття	Температура, С		
Низька LOW)	5,032	13,2	
норми (B_NORMAL)	5,22	,7	
Норма (NORMAL)	4,	66,9	
Вище норми (ANORMAL)	3,6	86,9	
(HIGH)	6,4	105,8	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

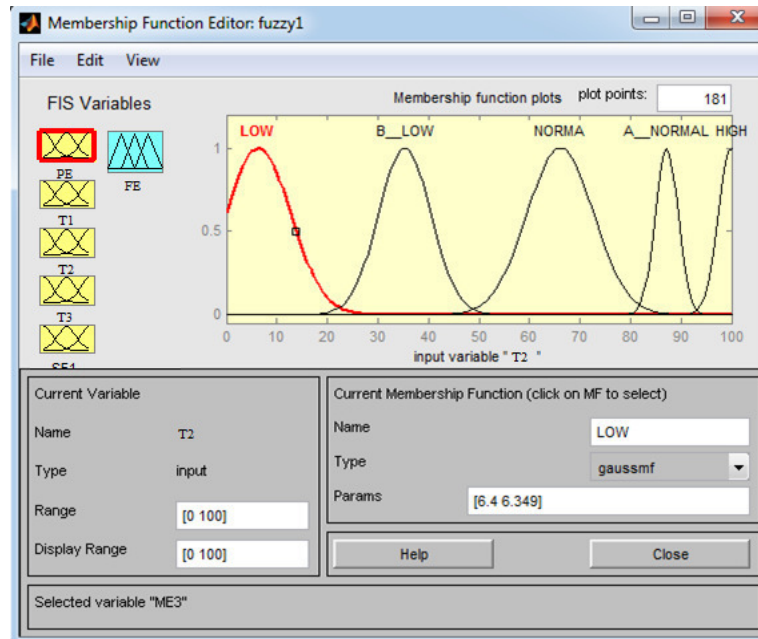


Рисунок 3.4 - Вікно редагування функцій належності (затору на вході)

Лінгвістичні поняття	Температура, С		
Низька (LOW)	6,4	6,3	
Нижче норми (B_NORMAL)	5,17	35,32	
Норма (NORMAL)	6,6	66,1	
Вище норми (A_NORMAL)	2,25	87,16	
Висока (HIGH)	2,58	100	

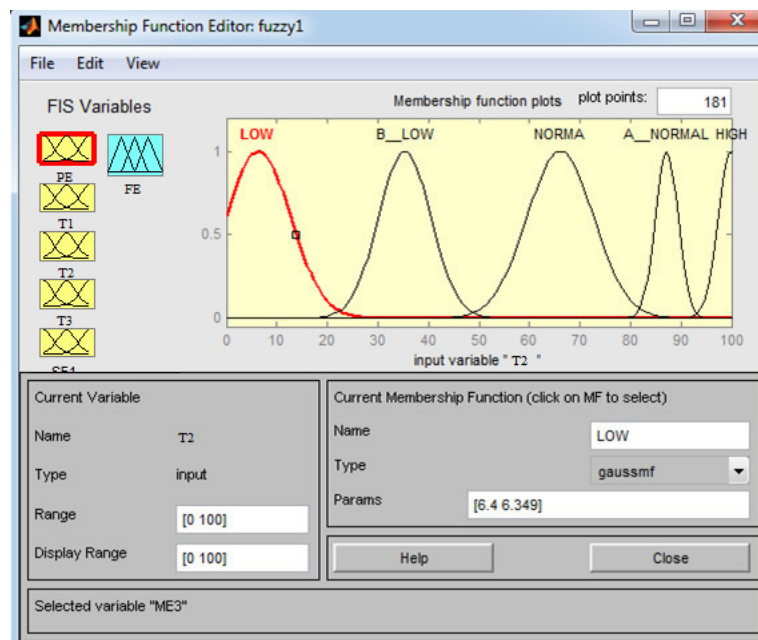


Рисунок 3.4 - Вікно редагування функцій належності (Температура затору на виході)

Лінгвістичні поняття	Температура, С		
Низька (LOW)	6,4	6,3	
Нижче норми (B_NORMAL)	5,17	35,32	
Норма (NORMAL)	6,6	66,1	
Вище норми (A_NORMAL)	2,25	87,16	
Висока (HIGH)	2,58	100	

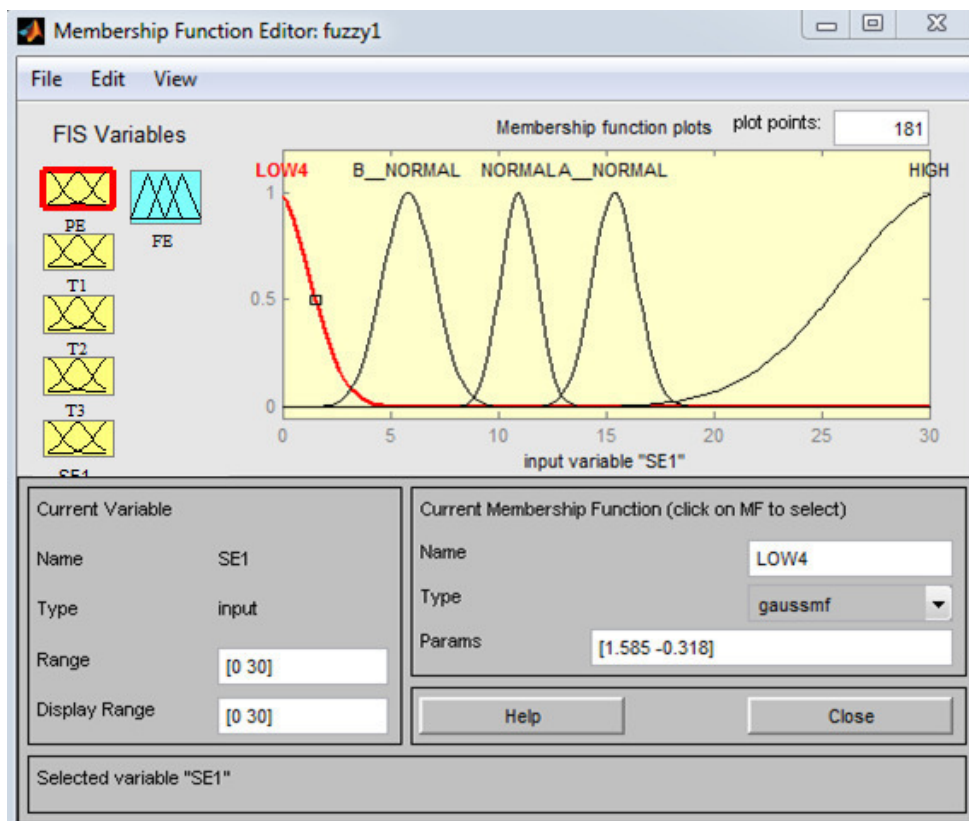


Рисунок 3.5 - Вікно редагування функцій належності (швидкість обертів валу двигуна)

Лінгвістичні поняття	Шв.обертів, об/хв.		
Низька (LOW)	1,58	0	
Нижче норми (B_NORMAL)	1,2	5,85	
Норма (NORMAL)	0,83	10,96	
Вище норми (A_NORMAL)	1,02	15,4	
Висока (HIGH)	4,69	30,7	

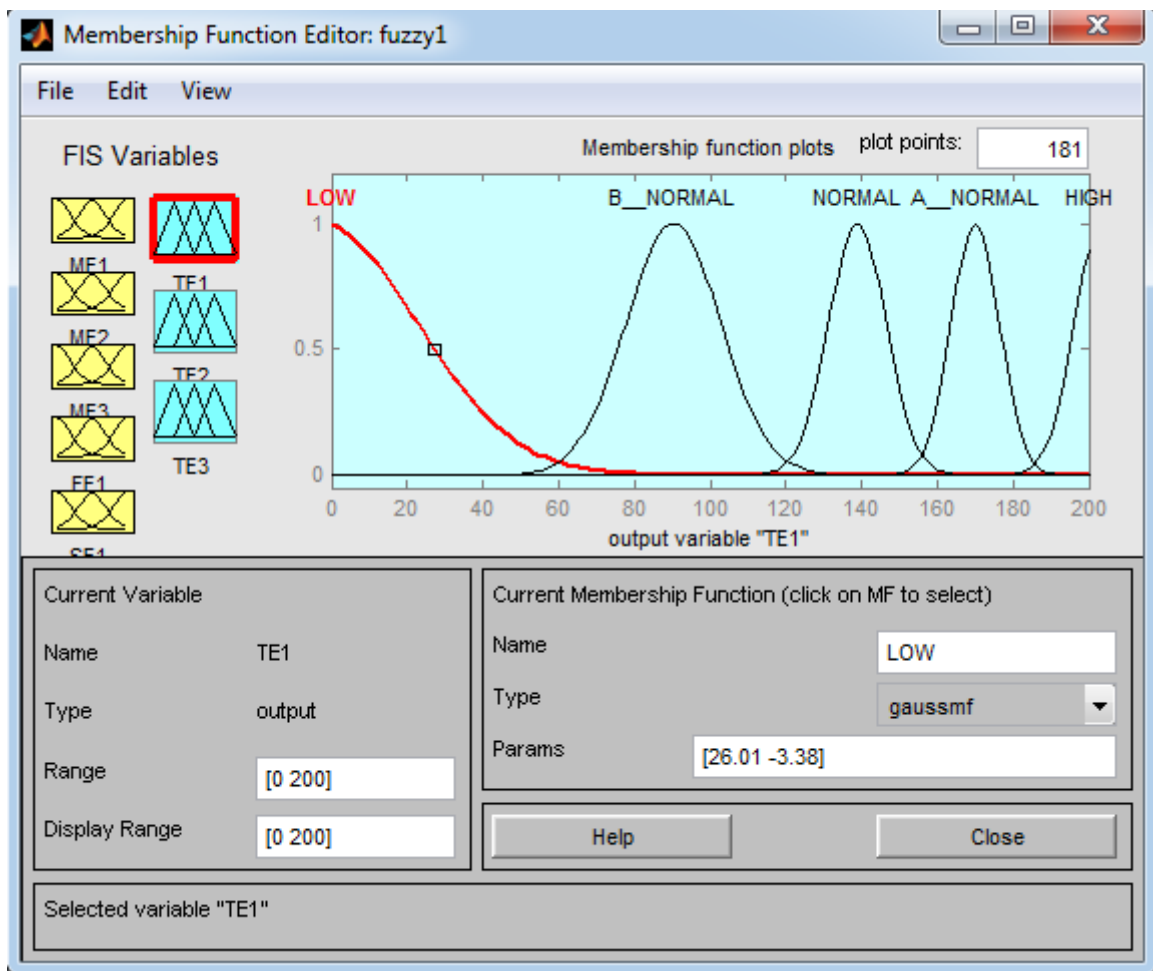


Рисунок 3.6 - Вікно редагування функцій належності (витрата затору в апарат)

Лінгвістичні поняття	Витрата л/хв		
Низька (LOW)	26,01	0	
Нижче норми (B_NORMAL)	12,5	90,29	
Норма (NORMAL)	7,62	138,9	
Вище норми (A_NORMAL)	6,38	170	
Висока (HIGH)	7,1	203,3	

### 3.4.2. Розробка бази правил для нечіткої системи. результатів роботи системи

В головному вікні FIS Editor в меню →Rules... відкриється вікно Rule Editor. Це вікно також подвійним натисканням лівої клавіші миші на центральному білому прямокутнику. В вікні визначаються нечіткі правила поведінки системи, що створюється (рис. .4.1).

Для перегляду результату роботи системи (підсистеми нечіткої логіки в головному вікні FIS Editor обирають в меню команду Rules – графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку (.3.4.2) або команду Surface – відображення поверхні (рис.3.4.3).

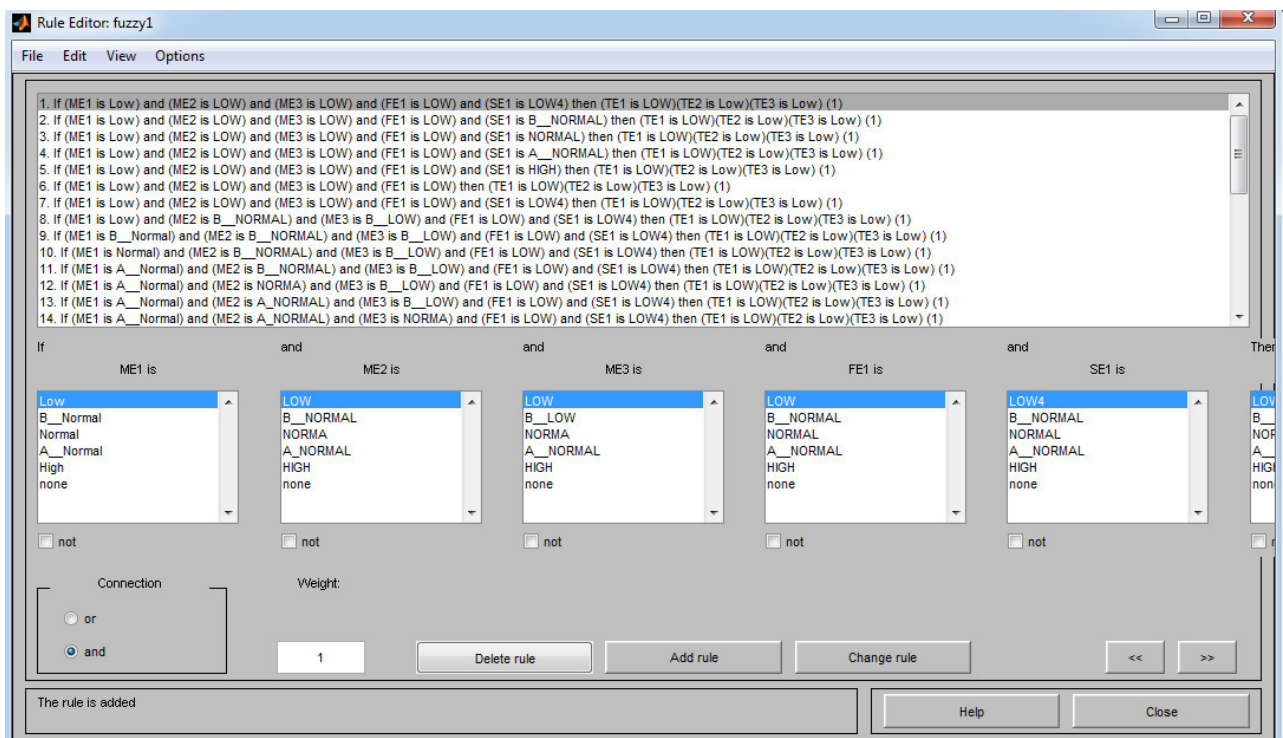


Рис.3.4. Графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку. Вікно редагування правил нечіткого .

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

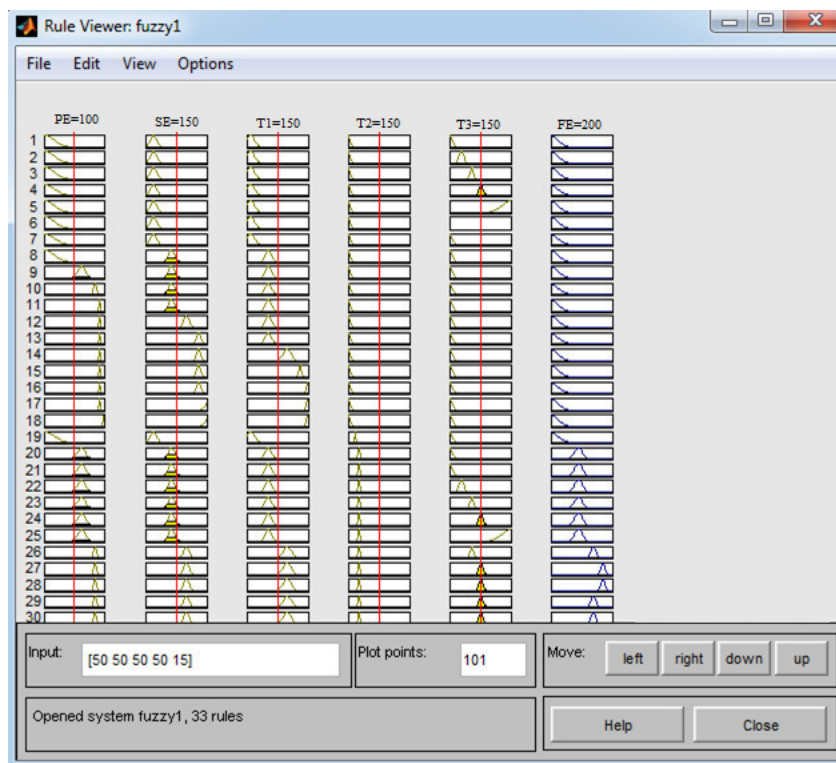


Рисунок 3.4.2 – Вікно графічного відображення роботи нечіткого висновку

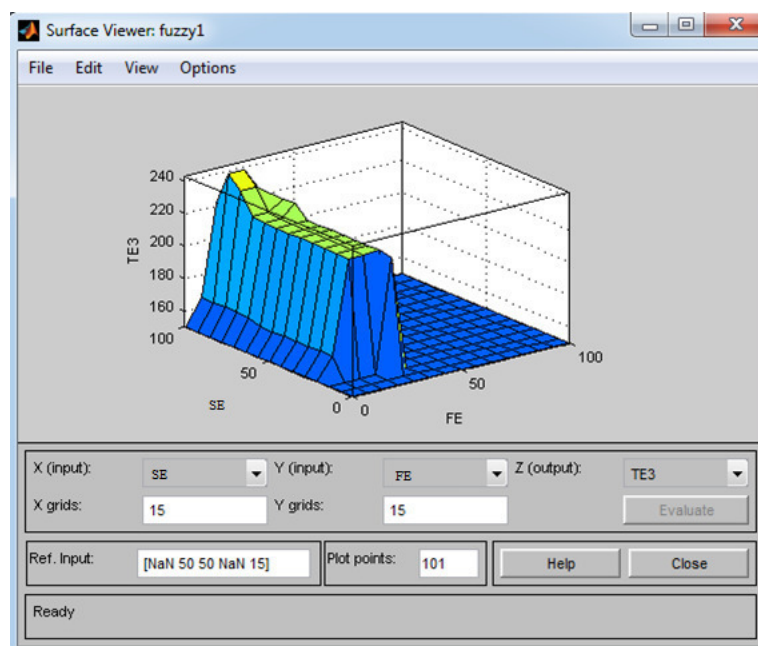
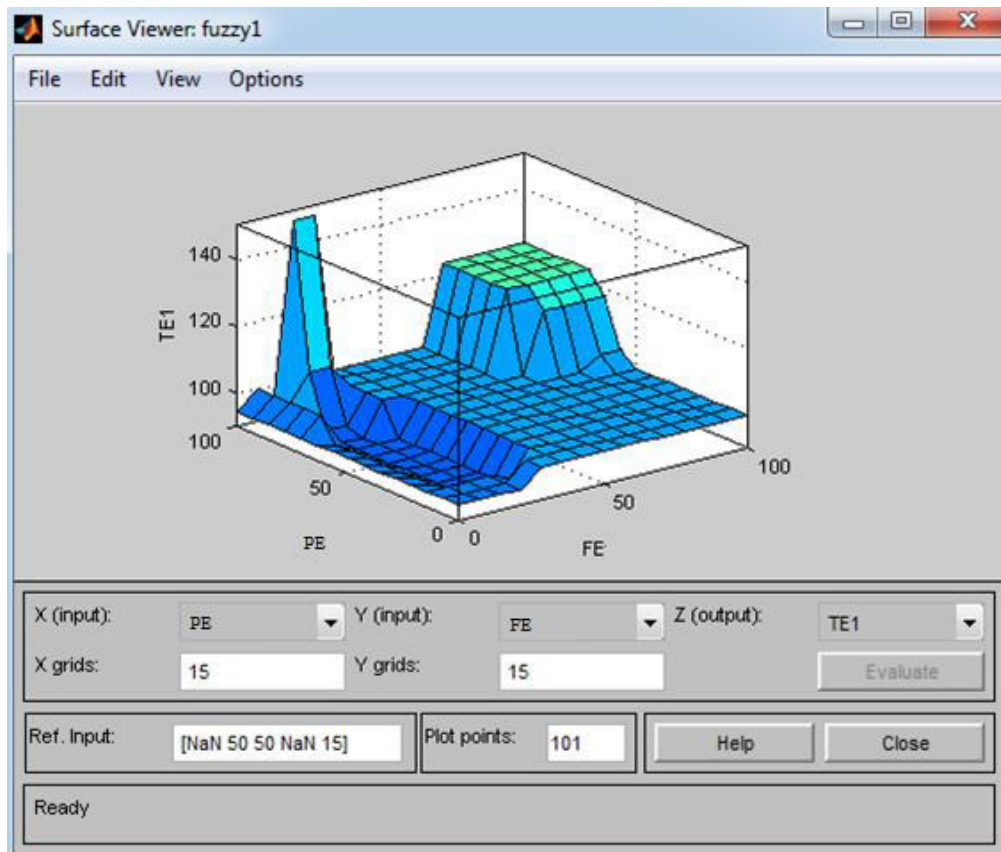


Рисунок 3.4.3 – Вікно відображення відгуку залежності витрати затору від температури затору обертів двигуна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



3.4.5 – Вікно відображення поверхні відгуку залежності витрати від тиску повітря на механізм зажиму

### 3.5 Побудова нечіткого

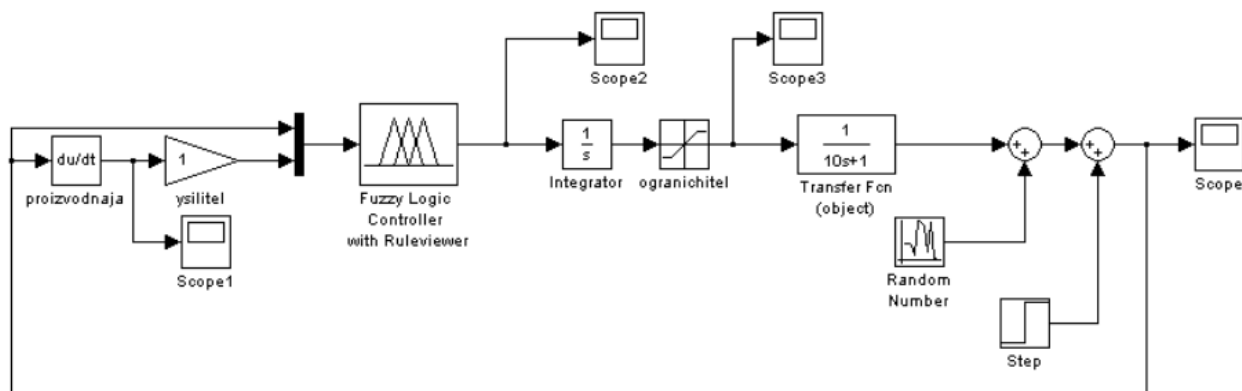


Рис.3.5.1 Схема ОУ з нечітким регулятором 5 правил).

Якщо схема створена правильно, то яка б не задана початкова температура, система з часом повинна підібрати оптимальну температуру,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

яку входить функціональна приналежність NORMAL до перемінної «витрата».

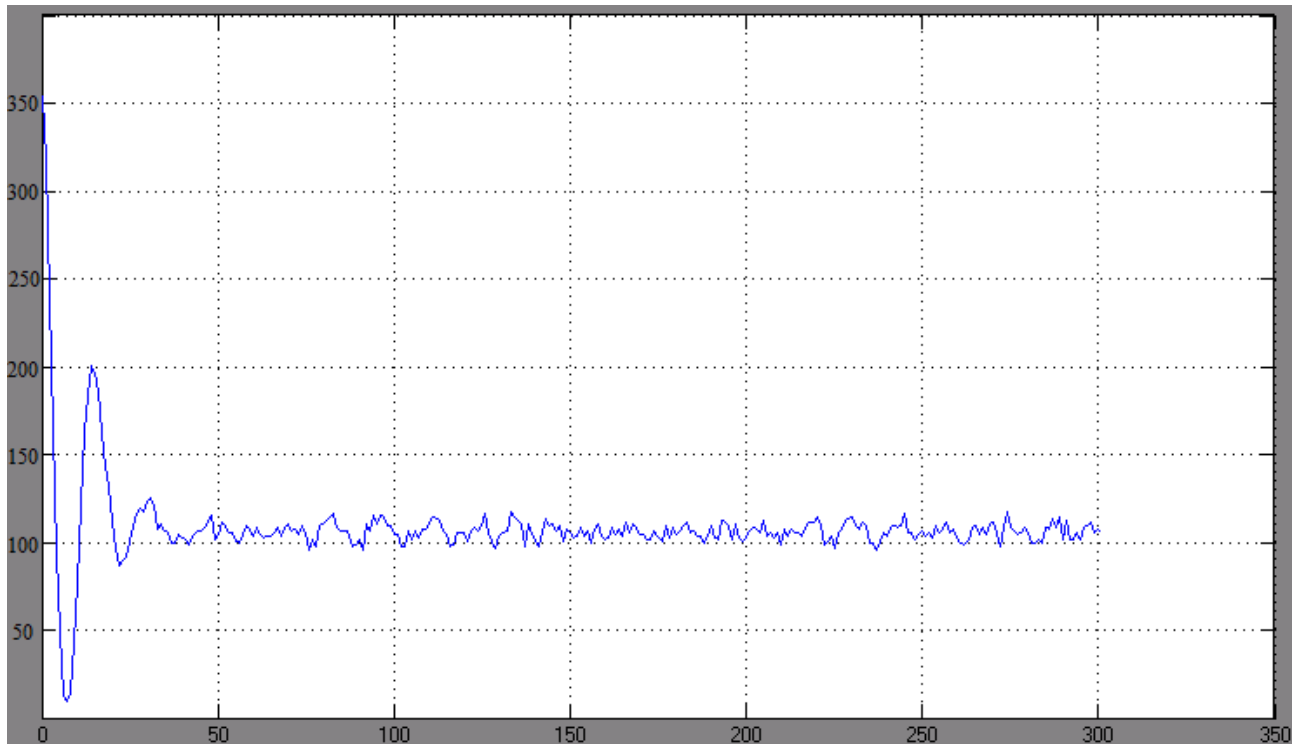


Рис.3.5.2. Зміна витрати в залежності від завдання

Рис. 3.5.3 Візуалізація нечіткого логічного виводу для системи Сугено

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

В даному проєкті було створено нечітку систему логічного висновку управління витратою затору в фільтр-прес. Основні етапи побудови систем управління на основі нечіткої логіки. З аналізу процесу було визначено входів та 1 вихід процесу.

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## ВИСНОВОК

В даному проєкті було створено нечітку систему логічного висновку для управління витратою затору в фільтр-прес. Основні етапи побудови систем інтелектуального управління на основі нечіткої логіки. З аналізу процесу було визначено 3 входів та 1 вихід процесу.

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

					<i>Магістерська робота</i>	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					<i>Магістерська робота</i>	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



12. SCADA-системы: взгляд изнутри II Е.Б. Андреев, Н. Куцевич, О.В. Синенко // - М. : Издательство «РТСофт 2004. - 176 с.
13. Кишенько В.Д. Задачі технологічного моніторингу в керування виробничими процесами технологічних комплексів // Автоматизація виробничих процесів, 2006 №2(23) - С 48-52.
14. Ладанюк А., Кишенько В.Д. Математичне моделювання нестационарних режимів технологічних комплексів Харчова промисловість. - 2004. - № 3. - С. 160-162.
15. Трахтенгерц Э.. Компьютерная поддержка принятия решений,— М : СИНТЕГ, 1998. - 376 .
16. Технологический мониторинг при сценарном управлении производственными процессами / Зигунов А. ., Кишенько В. Д. // Вестник НТУ «ХПИ». «Новые решения в современных технологиях». – Харьков: «ХПИ». – 2012. - № 44(950).. 25 – 36.