

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Т.В. Коротка

“ \_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 2021 р.

### **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ  
ВИРОБЛЕННЯ СУХОГО МОЛОКА

Здобувач ступеня магістра

студент гр. СУ-м01

Назаревський В. С.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

Черв'яков В. Д.

Суми – 2021

## РЕФЕРАТ

Назаревський Владислав Сергійович. Автоматизоване управління технологічним процесом вироблення сухого молока. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський державний університет, Суми, 2021 р.

Робота містить 49 сторінок основного тексту, 25 рисунки, 1 таблиці; 3 додатки; список використаних джерел з 17 найменувань.

Робота присвячена методам й засобам автоматизованого управління технологічним процесом вироблення сухого молока. Запропоновані алгоритмічні і технічні рішення щодо автоматизації процесів функціонування технологічного агрегата в режимах, передбачених технологічним регламентом. Запропоновано SCADA - систему диспетчеризації управління режимами роботи агрегатау.

Ключові слова: сушильний агрегат, управління, режим, паливо, температура, тиск, контролер, SCADA – система.

## ABSTRACT

Nazarevsky Vladislav Sergeevich. Automated control of the technological process of milk powder production. Qualification work of the master. Sumy State University, Sumy, 2021

The work contains 49 pages of the main text, 25 figures, 1 tables; 3 applications; list of used sources from 17 names.

The work is devoted to methods and means of automated control of the technological process of milk powder production. Algorithmic and technical solutions for automation of processes of functioning of the technological unit in the modes provided by the technological regulations are offered. SCADA - the system of dispatching of control of operating modes of the unit is offered.

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Коротка Т.В.

“ \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ “ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Назаревському Владиславу Сергійовичу

Тема роботи: Автоматизоване управління технологічним процесом вироблення сухого молока. Затверджено наказом ректора університету № 0866-VI від « 19 » листопада 2021 р.

Термін подання закінченої роботи 25.12.2021 р.

Вихідні дані до роботи: завдання кафедри, технічна документація, джерела інформації відкритого доступу.

Зміст роботи: конструктивно-технологічна характеристика об'єкта автоматизації, функціональна схема автоматизації, режимний регламент функціонування агрегата, функціональна та структурна схеми системи управління агрегатом, контури регулювання технологічних перемінних, аналіз якості регулювання, комп'ютерно-інтегрована система управління технологічним процесом.

Графічні матеріали: функціональна схема автоматизації, функціональні та структурні схеми локальних систем управління, Структурна схема панелі диспетчера у складі SCADA - системи.

## Календарний план

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Терміни виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Підбір та аналіз літератури	02.11.2021 – 10.11.2021
2	Конструктивно-технологічна характеристика об'єкта автоматизації.	11.11.2021 – 15.11.2021
3	Технологічні засади автоматизації процесів управління котлом Режимний регламент. Об'єкт і предмет дослідження. Задачі дослідження	16.11.2021 – 20.11.2021
4	Локальні системи автоматичного регулювання. Аналіз перехідних процесів.	21.11.2021 – 10.12.2021
5	Комп'ютерно-інтегрована система диспетчерського контролю і управління	11.12.2021 – 20.12.2021
7	Технічне оформлення кваліфікаційної роботи та її презентації. Перевірка на відсутність плагіату. Подання роботи до захисту.	21.12.2021– 31.12.2021

Дата видачі завдання «01» 11. 2021 р

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Черв'яков В. Д.

До виконання прийняв:

студент групи СУМ-01

Назаревський В. С.

## Зміст

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АГРЕГАТ ВИРОБЛЕННЯ СУХОГО МОЛОКА ЯК ОБ'ЄКТ ТЕХНОЛОГІЇ.....	10
1.1 Методи і технічні засоби сушіння молока.....	10
1.2 Конструктивна характеристика сушильного агрегата.....	14
1.3 Технологічний процес сушіння молока.....	15
1.4 Аналітичний огляд відомих систем автоматизації агрегатів сушіння рідких біомас.....	17
1.5 Мета роботи. Об'єкт і предмет дослідження.....	18
1.6 Висновки. Постановка задач дослідження.....	18
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО АГРЕГАТА .....	20
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	21
3.1 Системи приводу виконавчих пристроїв.....	21
3.1.1 Насос відцентровий.....	21
3.1.2 Вибір електричної заслінки для відпрацьованого повітря.....	22
3.1.3. Вибір пристрою плавного пуску для вентиляторів.....	23
3.1.4 Електродвигун сушильної камери АІР71В2.....	24
3.2 Давачі технологічних параметрів.....	25
3.2.1 Вибір дачиків температури.....	25
3.2.2 Вибір давача рівня.....	26
3.2.3 Вибір дачика вологості сировини.....	26
3.2.4 Вибір дачика положення.....	28
3.3 Технологічний контролер.....	29
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ.....	30
4.1 Функціональна схема.....	30
4.2 Структурна схема. Налаштування регулятора.....	31
4.3 Аналіз якості САР.....	33
4.3.1 Визначення передатної функції об'єкта керування.....	33

4.3. 2	Визначення параметрів передатної функції.....	35
4.3.3	Побудова розрахункової перехідної функції об'єкта керування.....	36
4.3.4.	Вибір закону регулювання й типу регулятора.....	37
4.4	Висновки.....	43
РОЗДІЛ 5 КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ .....		44
АГРЕГАТОМ СУШИННЯ МОЛОКА.....		44
5.1	Алгоритмізація процесів функціонування агрегата .....	44
5.2	Програмне забезпечення роботи технологічного контролера. ....	47
5.3	Диспетчеризація управління агрегатом сушки молока на базі SCADA –системи.....	48
5.4	Висновки.....	51
ВИСНОВКИ.....		52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		53

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСМ – Агрегат сушіння молока

СУ – система управління

АСУ – автоматична система управління

ОР – об'єкт регулювання

АК – автоматичне керування

Д – давач

АР – автоматичні регулятори

ПЛК – програмований логічний контролер

ЗР – закон регулювання

Т – температура

САК – системи автоматичного керування

СА – схема автоматизації

## ВСТУП

Одним із способів заготівлі харчових продуктів з великим строком зберігання є сушіння сировини. Сушіння буд-якої сировини являє собою енергоємний процес при високих вимогах до якості кінцевого продукту. Способом задоволення високих вимог до якості продукції з мінімізацією енерговитрат є автоматизація технологічного процесу сушіння.

Одним з найважливіших завдань при переробці молока є керування температурою та вологістю у реальному часі, що істотно впливає на продуктивність устаткування, собівартість й якість продукції.

У даній роботі об'єктом автоматизації вибрано технологічний агрегат, призначений для виготовлення сухого молока розпилювального типу.

Метою роботи є забезпечення агрегатів сушіння молока функціонально повними засобами автоматизованого управління технологічним процесом. Об'єктом дослідження є технологічний процес сушіння біомас.. Предметом дослідження є методи й засоби автоматизованого управління процесом виготовлення сухого молока в сушильному агрегаті розпилювального типу.

Базуючись на результатах аналізу відомих технічних рішень у цієї галузі техніки, поставлені задачі дослідження:

1. Розробити функціональну схему автоматизації і вибрати технічні засоби її реалізації;
2. розробити алгоритмічний базис процесів управління технологічним процесом;
3. методами комп'ютерного моделювання провести аналіз якості процесу розгону сушильного агрегата та роботи контурів регулювання температури й вологи продукту виробництва; запропонувати варіант застосування
4. SCADA- системи для диспетчерського контролю і управління технологічним процесом

Практичними результатами роботи є функціональна схема автоматизації та алгоритми управління виконавчими механізмами сушильного агрегату, що



реалізуються комп'ютерними засобами, і SCADA – системою диспетчерського контролю і управління.

# РОЗДІЛ 1 АГРЕГАТ ВИРОБЛЕННЯ СУХОГО МОЛОКА ЯК ОБ'ЄКТ ТЕХНОЛОГІЇ.

## 1.1 Методи і технічні засоби сушіння молока

Сухе молоко — це сухий порошок білого кольору у дрібно розпиленому вигляді зі світлим кремовим відтінком, який виготовляється зі звичайного пастеризованого молока способом згущення та висушування, при цьому всі властивості свіжого молока зберігаються. Для того щоб відтворити молоко, сухий продукт розчиняють у теплій воді. При цьому запах залишається такий же як у звичайного молока, без сторонній присмаків тощо.[1]

Особливу значимість в умовах ринкових відносин здобуває питання забезпечення населення високоякісними продуктами молочної промисловості.

Молоко має високу харчову й біологічну цінність. У його склад входять необхідні для організму людини компоненти, такі як: молочний жир, білки, вуглеводи, молочний цукор і мінеральні речовини.[2]

Як відомо, молоко це продукт який біологічно активний під впливом зовнішніх факторів, змінюючи свої властивості й параметри. Тому для збільшення терміну придатності і полегшенню транспортування, молоко сушать.

При виробництві усіх видів сухих молочних продуктів видалення вільної води здійснюється в дві стадії – згущенням і сушінням попередньо згущеного продукту.

Згущення здійснюється випарюванням. Зі способів сушіння молочних продуктів відомі наступні:

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

Незалежно від способу сушіння кінцевий продукт повинен відповідати наступним вимогам:

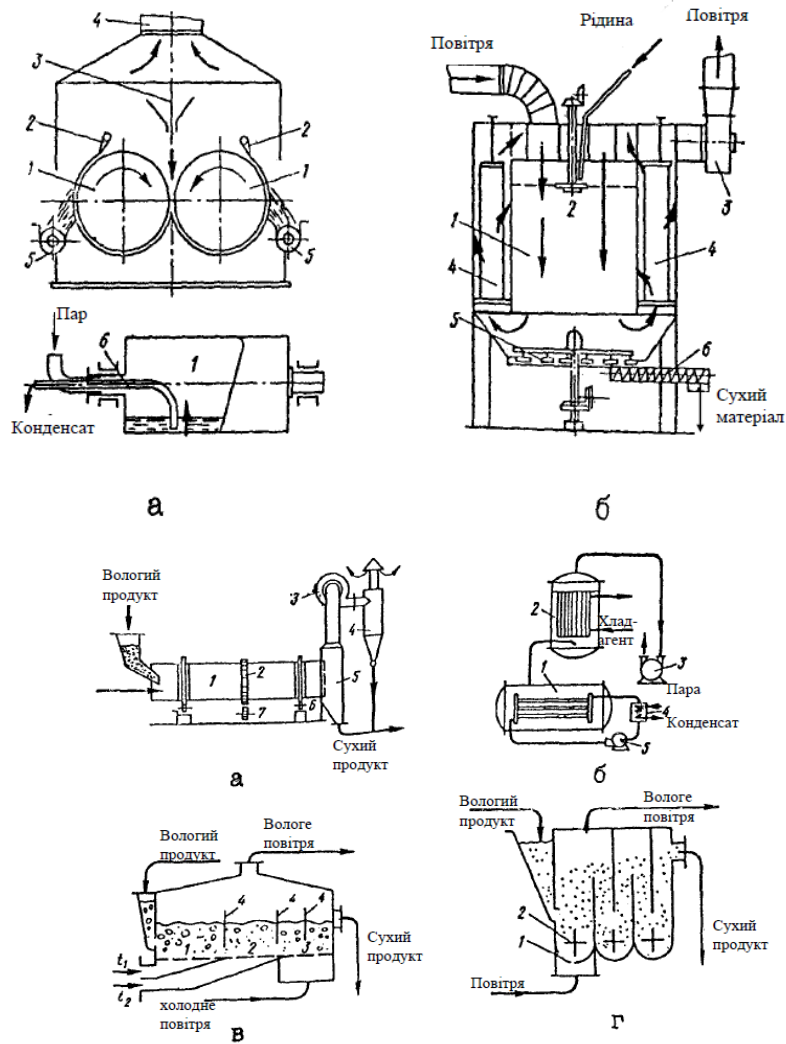
- мати задану кінцеву вологість;
- вільну тягучість;
- мінімальний зміст вільного поверхневого жиру;
- необхідну повноту і швидкість розчинення при мінімальних витратах.[2]

На рисунках 1.1.1-1.1.3 приведено основні схеми сушарок молока і молочних продуктів. Існує багато видів обладнання для молочних продуктів, класифікувати їх можна в такий спосіб:

- 1) за конструкцією:
  - плівкові чи вальцьові (контактні);
  - розпилювальні;
  - шафові (камерні);
  - барабанні (повітряні).[2]
- 2) за способом сушіння:
  - контактний;
  - розпилювальний.[2]
- 3) за розташуванням сушильної камери:
  - вертикальні;
  - горизонтальні.
- 4) за формою сушильної камери:
  - прямокутні (розпилювальні форсунки розташовані тільки горизонтально з торцової сторони) застосовуються рідко;
  - циліндричні вертикальні з плоским дном;
  - циліндричні вертикальні з конічним дном.
- 5) за способом розпилення продукту:
  - форсункові;
  - дискові (відцентрові).

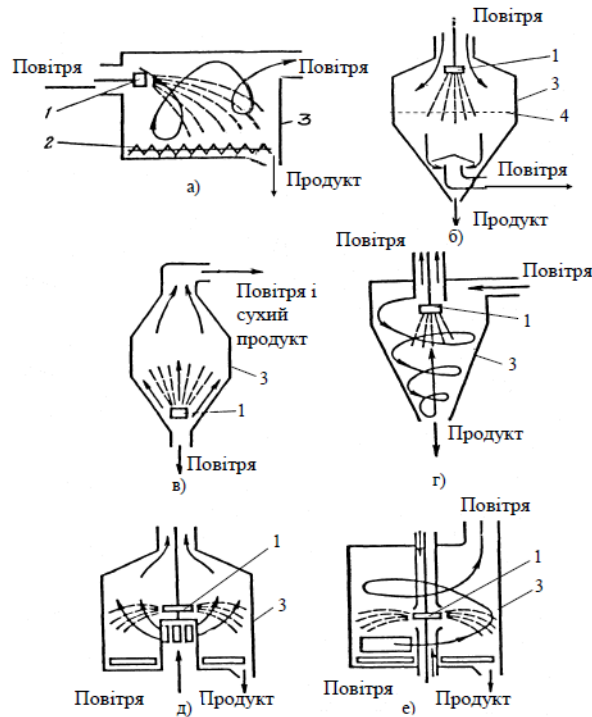
б) у залежності від руху повітря і часток молока:

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



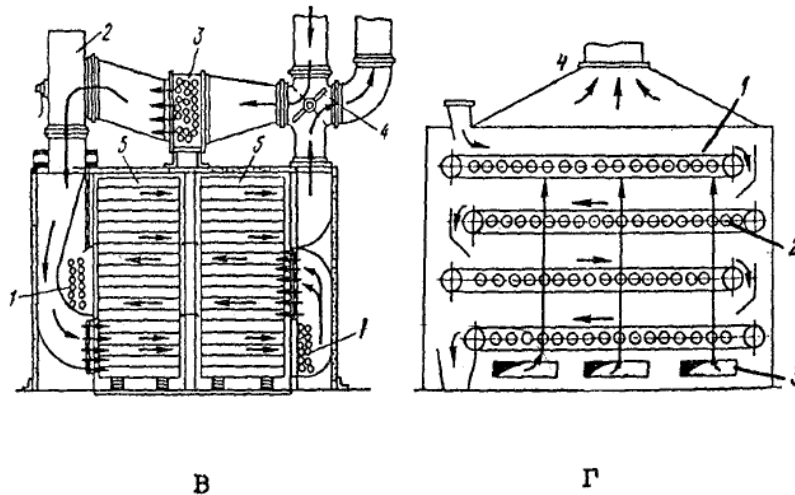
а – барабанна: 1 – барабан; 2 – зубчатий венець; 3 – вентилятор; 4 – циклон; 5 – прилад для відводу готового продукту; 6 – опорні ролики; 7 – зубчате колесо редуктора;  
 б – сублимаційна: 1 – сублиматор; 2 – десублиматор; 3 – вакуум-насос; 4 – бак; 5 – насос;  
 в – багатокамерна: 1,2,3 – камери; 4 – перегородка;  
 г – однокамерна: 1 – решітка; 2 – перемішючий прилад

Рис 1.1.1 - Сушарки для молока і молочних продуктів



1 – розпилювач молока; 2 – шнек; 3 – камера; 4 – заспокійлива решітка;  
 а) прямоточно з плоским дном; б) прямоточно з конічним дном; в) – прямоточно з плоским дном; г) – тангенціальні; д) – центральні; е) – радіальні.

Рис. 1.1.2 - Сушарки для молока і молочних продуктів



а – вальцова: 1 – барабани; 2 – ножі; 3 – живильник; 4 – витяжний патрубок; 5 – шнеки; 6 – вал;  
 б – розпилювальна: 1 – сушильна камера; 2 – розпилювач; 3 – вентилятор; 4 – фільтри камери; 5 – скребок; 6 – шнек;  
 в – камерна: 1 – теплообмінник; 2 – вентилятор; 3 – підігрівач; 4 – шибер; 5 – полки;  
 г – стрічкова: 1 – транспортер; 2 – нагрівач; 3 – вентилятор; 4 – труба

Рис. 1.1.3 - Основні схеми подачі продукту і продукту в сушильні установки.

- 7) за способом подачі повітря:
- в осьовому напрямку через центральну трубу (рисунок 2.4, б і 2.4, в);
  - через центральну трубу з прорізами, що розташовані в центрі камери (рисунок 2.4, д);
  - тангенціально (рух повітря обертально-спіральний) (рисунок 2.4, г);
  - радіально (через прорізи в корпусі сушарки) (рисунок 2.4, е);
  - через заспокійливу решітку (рисунок 2.4, б).[2]

Основні схеми подачі продукту і повітря:

- а) у горизонтально прямоточні сушарки;
- б) у сушарки, що працюють за принципом прямоходу зверху вниз;
- в) у сушарки, що працюють за принципом прямоходу знизу нагору;
- г) зі спіральним потоком повітря;
- д) зі змішаним потоком повітря;
- е) з обертальним рухом потоку. [2]

Сушіння біоматеріалів є енергозатратним процесом, зв'язаним зі значною витратою палива, пару, а також електроенергії. Використання високоточної автоматики дозволить значно скоротити термін сушіння та знизити енергетичні затрати. Технологічним об'єктом, для якого здійснюється розробка системи автоматизації в даному проєкті, є сушильний агрегат камерного типу моделі А1-ОР2Ч.

## 1.2 Конструктивна характеристика сушильного агрегата

Сушарка А1-ОР2Ч призначена для сушки концентрованого незбираного і знежиреного молока, вершків натуральних і з вмістом рослинного жиру, замінників незбираного молока, молочних і молоковмісних сумішей, - з вмістом жиру до 30%, а також концентрованої підсирної, сирної і казеїнової сироваток, для сушіння меланжу, крові, дріжджів.

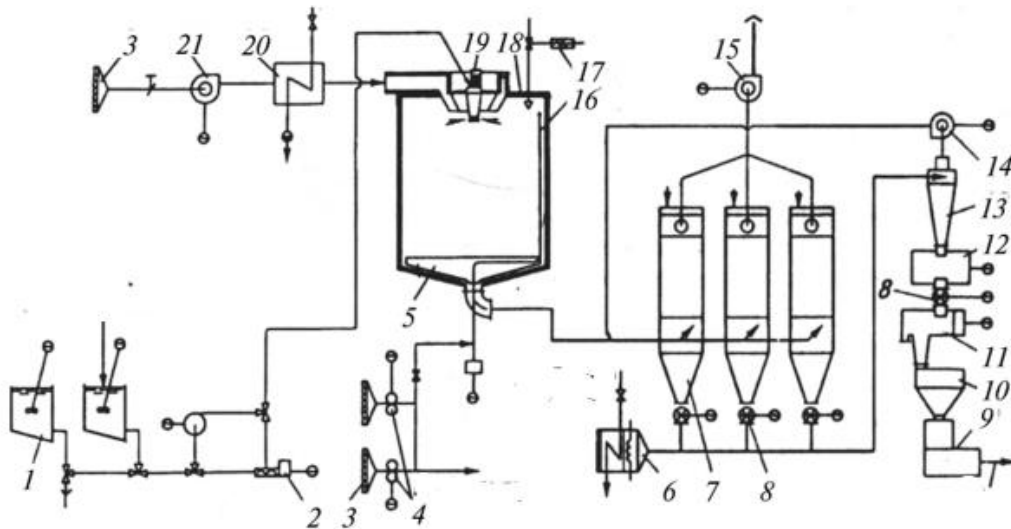


Рис.1.2 – Структурна схема розпилювальної сушильної установки: А1-ОР2Ч.

Сушарка складається з таких елементів:

– продукт; 7 – ванна; 2 - насос-дозатор; 3 - фільтри для повітря; 4 - газодувки; 5 - пневмотор; 6 - охолоджувач; 7 - фільтри для продукту; 8- роторні затвори; 9-дозувально-пакувальний агрегат; 10-бункер; 11- просеиватель; 12 - пастка; 13-циклон; 14,15,21-вентилятори; 16 - пневмометла; 17 - електромагнітний вентиль; 18 - сушильна камера; 19-дисковий розпилювач; 20 - паровий калорифер.

### 1.3 Технологічний процес сушіння молока

Розпилювальна сушарка складається з циліндричної сушильної камери з дахом, дверима і днищем, пневмоприбачів, відведення з приводним механізмом, огорож і опорних стійок. Дах сушильної камери складається з трьох частин: двох частин з вибуховими клапанами і центральної частині, виконаної як єдине ціле з розподільником повітря. У центрі розподільника повітря є опорний фланець для того щоб встановити розпилювач. Циліндрична частина сушильної камери зібрана з шести секцій, одна з них має дверцята. Днище

сушильної камери, що складається з двох напівконічних секторів (кут при вершині конуса  $160^\circ$ ), має центральний отвір з фланцем для кріплення відведення. Всі частини сушильної камери обшиті листовою корозійностійкою сталлю зсередини, а зовні - алюмінієвим сплавом.

Дах камери – виготовлений з листової рифленої сталі. Внутрішній простір каркаса заповнене теплоізоляцією з мінерального матеріалу. Елементи розпилювальної сушарки збирають на місці монтажу за допомогою болтових з'єднань та зварбванням і зачисткою внутрішніх частин обшивки.

Відцентровий розпилювач складається з корпусу з вертикальним шпинделем, встановленим на підшипникових опорах, кожуха з фланцем, двохшвидкісного фланцевого електродвигуна, плоскопасової підвищувальної передачі і насосної установки з системою зв'язки. Частота обертання шпинделя з диском на робочому режимі 1200 обертів на хвилину, діаметр диска 270 мм.

Для отримання сухого порошку з сироваткового білкового концентрату, отриманого методом ультрафільтрації, застосовують сушильну распилувальну установку. Вона складається з наступних частин: розпилювальної сушарки, розпилювачів (2 шт.), Калориферні-вентиляційної установки, систем подачі продукту, видалення відпрацьованого повітря, охолодження і транспортування продукту, установки маслососа, щита контролю і управління.

Ці установки бувають двох типів. Вони відрізняються наявністю фільтра вихідного продукту, теплообмінника для його підігріву перед подачею на розпилювач, зміненою конструкцією вузлів газопровода в сушильну камеру, збільшеним діаметром трубопроводу пневмотранспортера, відсутністю пневмоочистки стінок сушильної камери і загальним компонованням обладнання. Решта частини мають аналогічне описаному для інших сушильних установок призначення.

Сушарка являє собою вертикальний циліндричний корпус з конічним дном ( $160^\circ$ ), встановлений на шести опорах. Апарат складається з плоского даху, власне сушильної камери, днища з центральним патрубком для відводу



повітря, на якому змонтований привід короба пневмоприбиральника. На даху сушильної камери є два запобіжних клапана, патрубков для подачі охолоджуючого повітря, воздухопроводящих пристрій у вигляді вбудованого короба з закручується повітря напрямними лопатками, а також центральний отвір для розпилувача.

#### 1.4 Аналітичний огляд відомих систем автоматизації агрегатів сушіння рідких біомас.

У нашій країні випускається різноманітні асортименти молока, що розрізняється по тепловій обробці, по хімічному складу, із внесенням або без внесення наповнювачів. Основним видом є незбиране молоко з масовою часткою жиру не менш 3,2%.

Складність рішення завдань аналізу і синтезу ієрархічних багатофункціональних динамічних виробничих систем, що функціонують в умовах ринку, зниження їхньої ефективності при помилках керування, неможливість проводити фізичні експерименти над системою з метою прогнозування розвитку несприятливих ситуацій, у тому числі й людини як керуючого елемента, визначають проблеми аналізу, синтезу й моделювання функціонування повноцінних систем в умовах ринку на основі імітаційного моделювання [2].

Основою підвищення ефективності керування є розробка теоретичних основ, що допомагає істотно підвищити якість і обґрунтованість управлінських рішень, уникнути впровадження на практиці неефективних (а найчастіше й просто збиткових) варіантів розвитку, одержати значний економічний ефект практично без додаткових вкладень [1].

Загалом на підприємствах в автоматизованих систем керування більше 20 років не змінюється інтелектуальний рівень. У цих системах керування, автоматизують традиційні проблемні функції, такі як: блокування і захистів по параметрах по параметрах технічного завдання, телеметрія (вимірювальні канали),

автоматичного регулювання, у найкращому разі - функціонально - групового керування. У функціональному відношенні сьогоденні АСУТП практично збігаються з системами 60 - 70 років, у яких розвинені методи керування параметрами матеріальних потоків і практично відсутня АСУ регламентами і конфігурацією потоків в об'єкті. Внаслідок цього, недосконалість АСУТП приводить до втрат через, недотримання регламенту з послідуочими наслідками.

Виходячи з цього, за основу візьмемо технологічний процес сушки молока на базі установки А1-ОР2Ч, та добрацюємо процес сушки за основними параметрами: температури та вологості. Оновимо основний комплекс технічних засобів, програмне забезпечення та контролер, а також розробимо SCADA – систему диспетчерського контролю і управління. Це забезпечать приріст в якості кінцевого продукту.

### 1.5 Мета роботи. Об'єкт і предмет дослідження

На підставі проведеного вище опису структурно-функціональної організації сушильного агрегату як об'єкта технології та аналізу відомих технічних рішень систем автоматизації процесів сушіння біомас за мету нашої роботи приймемо забезпечення агрегату сушіння молока функціонально повними засобами автоматизованого управління технологічним процесом.

Об'єктом дослідження є технологічний процес сушіння біомас.

Предметом дослідження є методи й засоби автоматизованого управління процесом виготовлення сухого молока в сушильному агрегаті розпилювального типу.

### 1.6 Висновки. Постановка задач дослідження

При виробництві усіх видів сухих молочних продуктів видалення вільної води здійснюється в дві стадії – згущенням і сушінням попередньо згущеного продукту. Якщо із процесом згущення не має великих проблем, і існує тільки

один метод згущення це випарювання, то стадія сушіння має багато методів. Взятий мною метод розпилення є одним із найрозповсюджених методів. У ньому є як свої плюси, так і мінуси. Головними мінусами таких установок є поганий контроль за вологістю та температурою оброблювальної речовини на етапах розпилення та сушки.

Для досягнення мети роботи поставимо такі задачі дослідження:

5. Розробити функціональну схему автоматизації і вибрати технічні засоби її реалізації;
6. розробити алгоритмічний базис процесів управління технологічним процесом;
7. методами комп'ютерного моделювання провести аналіз якості процесу розгону сушильного агрегата та роботи контурів регулювання температури й вологості продукту виробництва; запропонувати варіант застосування
8. SCADA- системи для диспетчерського контролю і управління технологічним процесом.

## РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО АГРЕГАТА

Функціональна схема містить інформацію про способи реалізації пристроєм заданих функцій. За такою схемою можна визначити, як здійснюються перетворення і які для цього необхідні функціональні елементи. Кожен функціональний елемент містить лише ті входи і виходи, які необхідні для його коректної роботи.

До складу сушарки входять проміжні резервуари 1, гомогенізатор 2, бачок мийного пристрою 3, електроталь 4, розподільник повітря 5, розпилювач 6, сушильна вежа 7, циклони 8, вентилятори 9, 15, 21, швейна машина 10 для зашивання паперових мішків, ультразвукова установка 11 для зварювання поліетиленових вкладишів, ваговий автоматичний дозатор 12, бункер 13, циклон-разгрузитель 14, пневмотранспортного лінія 16, калорифери 17 і 22, шнек 18, скребковий механізм 19, повітряний фільтр 20, гвинтовий насос 23.

Функціональна схема представлена в додатку А

Результатом розробки схеми автоматизації став вибір методів виміру технологічних параметрів, вибір основних технічних засобів автоматизації, визначення приводів виконавчих механізмів .

## РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 3.1 Системи приводу виконавчих пристроїв

#### 3.1.1 Насос відцентровий.

Призначенням насоса є перекачування молока і подібних до нього по в'язкості і хімічній активності харчових продуктів, температура яких не перевищує 90°C.

Продуктивність насоса 6 300 л / год.



Рис. 3.1.1. Насос відцентровий ОНЦ1-6,3 / 20

Насос марки ОПА, ОПА-МВ

Насос молочний, призначений для перекачування харчових рідин малої в'язкості з температурою від 10 ° С до 120 ° С.

Конструктивні особливості насоса ОПА:

Насос відцентровий, одноступінчатий, консольно-моноблочний з закритими лопатями робочого колеса. Монтуюється на 3-х ніжках або на регульованій по висоті платформі.

Всі деталі насоса виконуються з нержавіючої сталі, відповідають всім промисловим і гігієнічним правилам і нормам. Кожен виріб сертифікується відповідно до найжорсткішими вимогами.

У насосах марки ОПА-МВ застосовується сучасне торцеве ущільнення, що дозволяє перекачувати рідини з максимальною температурою до 120°C. Дана серія насосів використовується для перекачування молока і інших харчових рідин, схожих з молоком по в'язкості і хімічній активності.

Технічні характеристики наведені в додатку Б.

### 3.1.2 Вибір електричної заслінки для відпрацьованого повітря

Вибір керуючого механізму для повітряної електричної заслінки здійснювався за двома критеріями:

- Обертний момент
- Тип управління

Velimo GK24A-1 Електропривод повітряної заслінки застосовується для повітряної заслінки холодної зони сушарки, їх основна функція забезпечити автоматичну роботу пристрою.

Переваги використання

- Зниження енергоспоживання.
- Можливість фіксації положення.
- Низький рівень шуму.



Рисунок 3.1.2. Зовнішній вигляд повітряної заслінки

Технічні характеристики наведені в додатку Б

### 3.1.3. Вибір пристрою плавного пуску для вентиляторів

Прилад плавного пуску для електродвигуна вентилятора АВВ PSR16-600-70. Має невелику ціну, порівняно з іншими пристроями цього напрямку, а також дуже гарну ефективність.

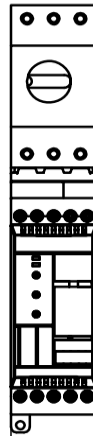


Рис 3.1.3. Зовнішній вигляд прилада плавного пуску

Технічні характеристики приведені у додатку Б

### 3.1.4 Електродвигун сушильної камери АИР71В2.



Рис. 3.1.4 Електродвигун сушильної камери

При виборі керуючого приладу керування, для вивантажувального механізму слід приділити увагу, що сировина рухається постійно по шахті, і час сушіння та рух сировини залежить від проценту відкриття вивантажувального механізму. Для керування даним виконавчим механізмом було підібрано по технічних характеристикам частотний перетворювач та енкодер для зворотного зв'язку. Їх характеристики наведені в додатку Б.

#### Частотний перетворювач

- Підтримка інтерфейсів USS, Modbus RTU
- Простота в управлінні
- Фільтри мережі – стандарту С2 /С3;
- Дросель мережі – для регуляції живлення;
- Модуль для гальмування

Також в цій системі для вимірювання швидкості двигуна використовується давач швидкості, інкрементальний магнітний енкодер, його технічні характеристики також наведені в додатку Б.



## 3.2 Давачі технологічних параметрів

### 3.2.1 Вибір дачиків температури

Вибір давачів температури для відстеження температури повітря в камері під час сушіння.

Для кращого регулювання температури сушки був підібраний давач температури з потрібним діапазоном для точного вимірювання.

Основні характеристики при виборі давачів

- Температурний діапазон.
- Тип вихідного сигналу.
- Схема підключення
- Можливість занурення давача в сушильну масу,
- Умови вимірювання в агресивному середовищі.

Тип давача EST110 призначені для безперервного вимірювання температури молочного продукту, інформація з давачів передається в аналогову вигляді на вхід ПЛК. І попереджують про перевищення температури сушіння, та швидкість наростання температури.

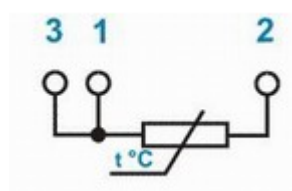


Рисунок 3.2.1 Схема підключення давач EST110

Технічні данні наведені в додатку Б.

Також в системі присутні температурні давачі призначенні для вимірювання повітря, для регулювання оптимальних температур, інформація з давачів передається в аналоговому вигляді.

Їх характеристики приведені в додатку Б

### 3.2.2 Вибір давача рівня

Сигналізатори граничного рівня сипучих матеріалів призначені для видачі сигналу при досягненні матеріалом заданого рівня. Сигналізатори рівня використовують контактний метод вимірювання (ротаційні, вібраційні, ємнісні) або безконтактний метод вимірювання (ультразвукові, мікрохвильові, радіаційні).

Ультразвуковий давач підходить характеристики, але краще застосовувати його в рідких середовищах маслах, паливних матеріалах, хімічних речовинах, але не в сипучих.

Ємнісні давачі основне застосування це контроль рівня рідин, застосовується в харчовій промисловості, в системах водопостачання, та інше.

Ротаційні давачі використовуються для відстеження рівня сипучих матеріалів, зернових, комбікормових гранул, піска, та інше.

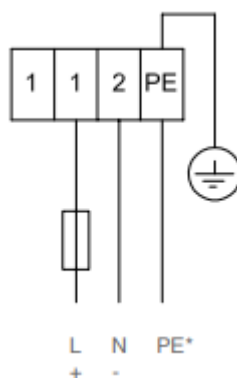


Рис.3.2.2 Схема підключення ротаційного давача рівня  
Технічні характеристики наведено в додатку Б

### 3.2.3 Вибір дачика вологості сировини

Давач вологості призначений для вимірювання вологості в сипучих матеріал.

Основні технічні характеристики при виборі

- Діапазон вимірювання

- Чутливість
- Похибка
- Робоча температур
- Інтерфейс зв'язку

Було розглянуто три технології вимірювання вологості: ємнісний метод, мікрохвильова технологія, рефлектометрія в тимчасовій області.

Ємнісний метод використовується якщо немає зовнішнього впливу тобто температури, та мінералізація матеріалу не змінюється, та не потрібно висока точність вимірювання.

Мікрохвильові давачі реагують на зміну температури та електропровідності матеріалу, але щоб отримати нормальні показники потрібно обробляти програмними засобами сигнал, що робить високу точність вимірювання. На показники можуть впливати такі фактори як температура, розміри зерна.

Таким чином, вологоміри зерна отримують інформацію не тільки про зміст вологи на поверхні, як наприклад, у випадку з рефлективний інфрачервоними вологомірами, але і про зміст вологи в цілому зерні. Дорогі і схильні до помилок обхідні конструкції, в яких потребують невиправдано дорогі мікрохвильові або інфрачервоні давачі, в TRIME® технології не використовуються. Більш того, TRIME®-технологія, впроваджена в вологомір для зерна, дуже гнучка щодо конструкції зонда, таким чином, її можна оптимізувати для багатьох застосувань. Завдяки цим перевагам це оптимальний вологомір зерна, ціна якого виправдовує якість його роботи.[3]

Давач вологості TRIME-GW



Рисунок 3.2.3 Зовнішній вигляд давача вологості  
Технічні характеристики наведені в додатку Б.

### 3.2.4 Вибір дачика положення

Для вибору давачів положення будуть використовуватися для відстеження закриття відкриття заслінок, для відстеження страта транспортного обладнання, для відстеження положення стрічки норії або конвеєра, для завала башмака норії.

Для цих задач було розглянуто три типи давачів індуктивні, ємнісні, оптичні.

Оптичні давачі, висока ціна, і не використовуються в цих цілях. За допомогою індуктивних давачів можна використовувати для контролю заслінки, та для контролю старту транспортного обладнання. За допомогою можна використовувати для відстеження положення стрічки конвеєра, та завала башмака норії.

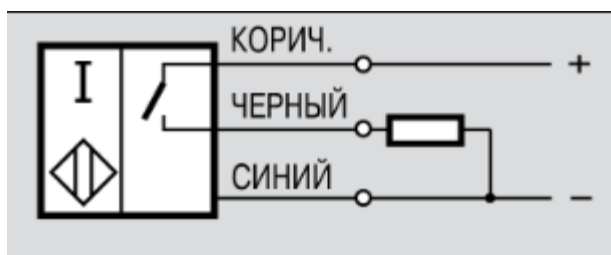


Рис. 3.2.4 зовнішній вигляд індуктивного давача

### 3.3 Технологічний контролер

Дана система автоматизації базується на використанні мікропроцесорного контролера TM251MESC.



Рисунок 3.3 – Програмно логічний контролер TM251MESC

Даний контролер є гарним варіантом для застосування в нашій системі. Його простота в налаштуванні та великий обсяг різноманітних сумісних з ним модулів, дозволяє керувати всіма виконавчими механізмами, та зчитувати інформацію з датчиків.

## РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ

### 4.1 Функціональна схема

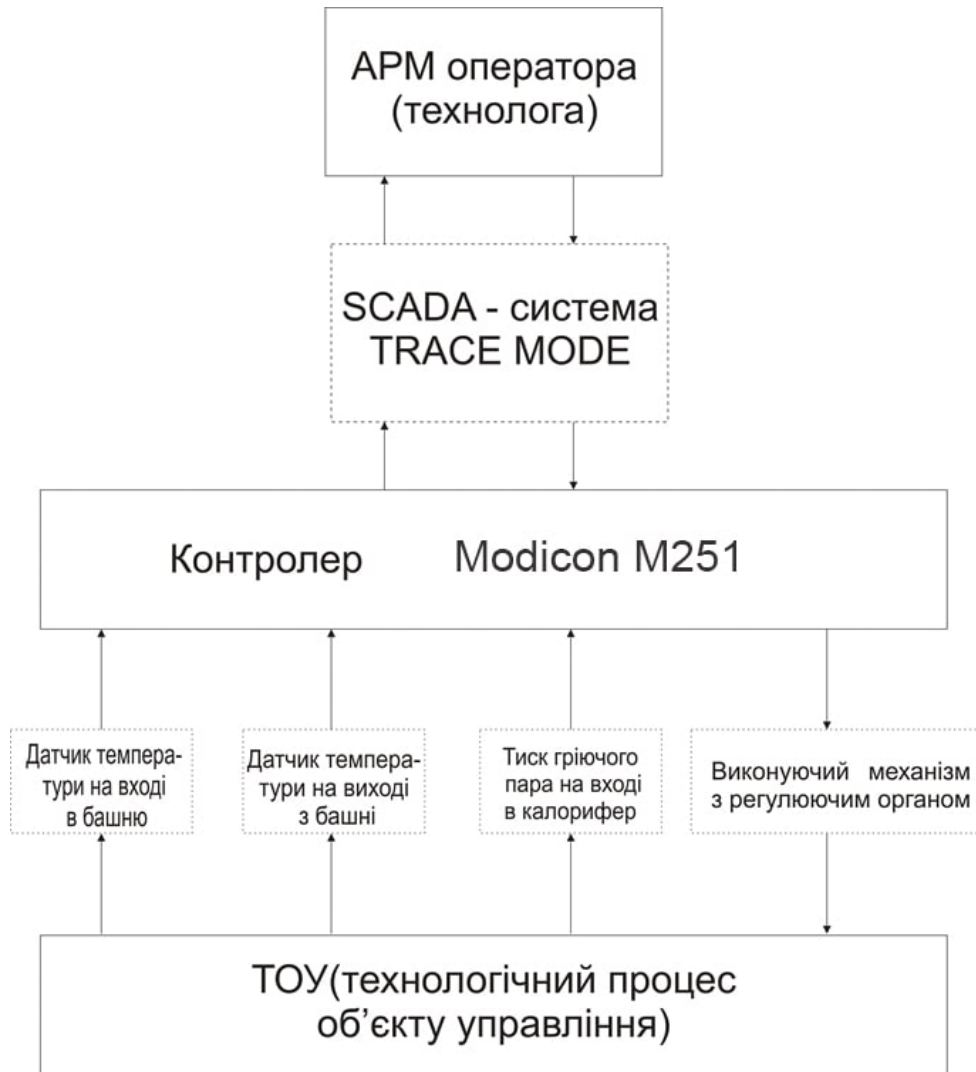


Рис. 4.1. Функціональна схема програмно-апаратного комплексу.

Для реалізації технологічного процесу сушки молока та молочних продуктів пропонується програмно-апаратний комплекс. Його функціональна схема представлена на рис. 4.1.

Для процесу сушки незбираного й знежиреного молока, а також кристалізованого концентрату сироватки використовується відцентрове

розпилення, а для сухих продуктів які мають високу щільність та легкоципучих незбираних напівфабрикатів варто застосовувати сопла розпилення низького тиску.

Взагалі принцип розпилювального сушіння полягає в тому що, перетворений концентрат у великій кількості дрібних капель, піддають впливу гарячого повітря.

Висушування відбувається при проходженні краплі через потік гарячого повітря. Цей процес здійснюється, здебільшого, в межах 1 м від точки розпилення, і при випарі вологи з концентрату забезпечується основний перепад температури повітря.

Основними завданнями автоматизованої системи керування процесом сушіння молока є:

- Збір та обробка інформації
- Взаємодія із ПЛК, давачами та виконавчими механізмами
- Візуалізація технологічного процесу
- Автоматизоване регулювання температури повітря на вході, підтримка температури на заданому рівні на виході із сушильної вежі.
- Збір даних та оформлення їх у вигляді графіків.

#### 4.2 Структурна схема. Настройки регулятора.

При розробці автоматизованої системи керування процесом сушки молока у розпилювальних сушильних установках необхідно забезпечити задану вологість продукту й продуктивність установки. При автоматизованому керуванні сушильною установкою можна виділити два основних регульованих параметри: вологість готового продукту на виході із сушильної вежі та температуру гарячого повітря на виході з калорифера.

На малюнку 4.2. наведена структурна схема одноконтурної САР.

Основними елементами якої є:

АР - автоматичний регулятор,

УМ - підсилювач потужності,  
 ЇМ - виконавчий механізм,  
 РО - регульований орган,  
 СОУ - властиво об'єкт керування,  
 Д - датчик,  
 НП - перетворювач, що нормує,  
 ЗД - задатчик,  
 ЭС - елемент порівняння.

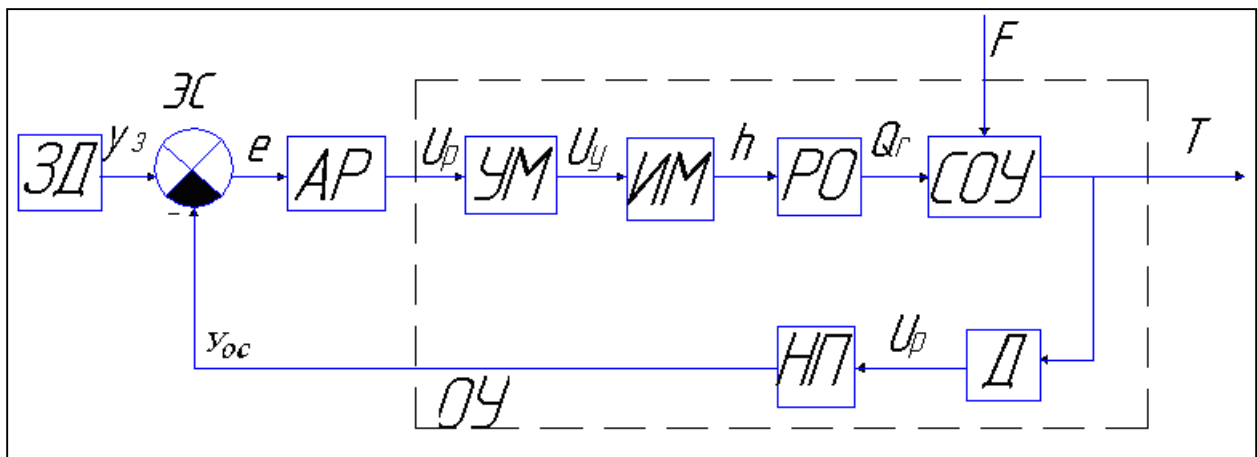


Рис 4.2. - Структурна схема САР промисловим об'єктом керування

де  $u_z$  – сигнал, що задає,  
 $e$  – помилка регулювання,  
 $u_p$  - вихідний сигнал регулятора,  
 $u_y$  - керуюча напруга,  
 $h$  - переміщення регульовального органу,  
 $Q_r$  - витрата речовини або енергії,  
 $F$  – вплив, що обурює,  
 $T$  - регульований параметр (наприклад температура),  
 $y_{oc}$  - сигнал зворотного зв'язку (вихідна напруга або струм перетворювача).

Основними вимогами до регулювання промислових систем є:

- Забезпечувати стійке керування процесом, на всіх ступенях навантажень на технологічний агрегат;



- В околиці так званої робочої крапки система повинна забезпечувати задану якість процесів керування (час перехідного процесу, коливальність й перерегулювання);
- Задану точність регулювання система повинна мати змогу забезпечувати в сталому режимі. Не менш важливим є забезпечити задану дисперсію помилки регулювання а також забезпечити нульову статичну помилку регулювання.

При дотриманні цих вимог об'єкт керування буде стаціонарним, тому варіації параметрів для нього будуть досить малі й компенсуватимуться запасами стійкості системи.

### 4.3 Аналіз якості САР.

#### 4.3.1 Визначення передатної функції об'єкта керування

Для того щоб побудувати передатну функцію об'єкта керування, потрібно в нашому випадку подати вхідний сигнал, тобто швидкість обертів двигуна, а виході будемо реєструвати покази температури.

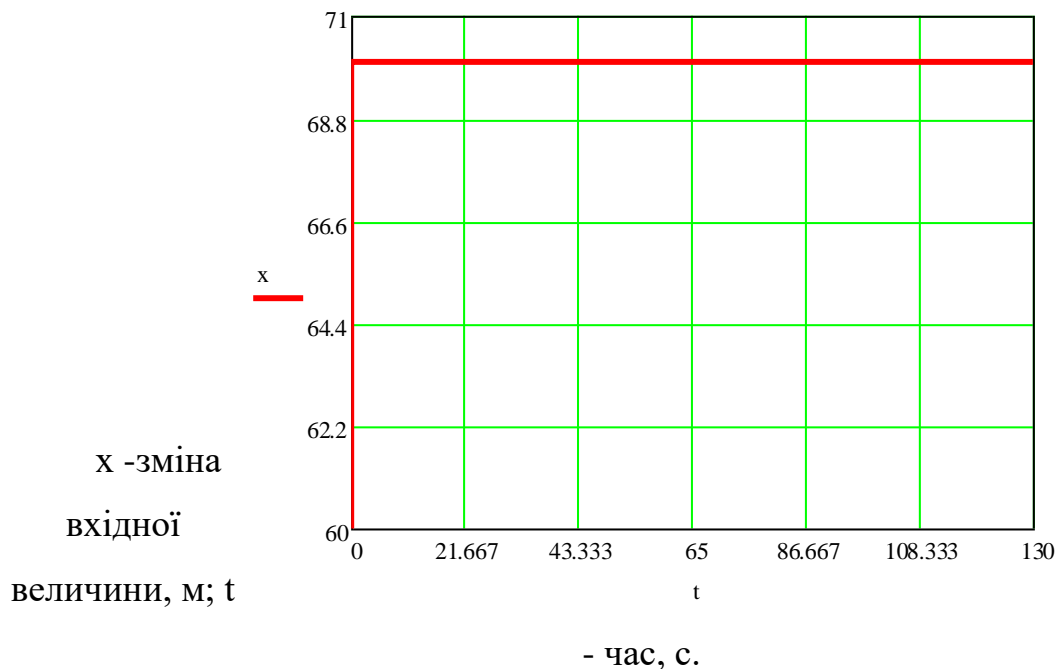
Експериментальна характеристика розглянутого об'єкта керування, тобто температури в приміщенні представлена в таблиці 4.3.1

Таблиця 4.3.1 - Експериментальні дані

Час, С	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Вхідний східчастий вплив, швидкість обертів двигуна, м <sup>3</sup> /час	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Зміна вихідної величини,°	0.7	0.8	3.4	85.2	6.7	7.9	8.8	9.3	9.5	9.6	9.6	90

Побудуємо графіки перехідного процесу. Для цього на вхід подається східчастий вплив  $x(t)$  - швидкість обертів двигуна.

На малюнку 4.3.1.1 подань графік стрибкоподібного впливу на об'єкт керування. Для побудови графіка використана програма MathCad.



Малюнок 4.3.1.1 - Графік стрибкоподібної зміни вхідного впливу

За даними таблиці 4.3.1 будується експериментальна перехідна функція об'єкта керування  $v(t)$  у програмі MathCad.

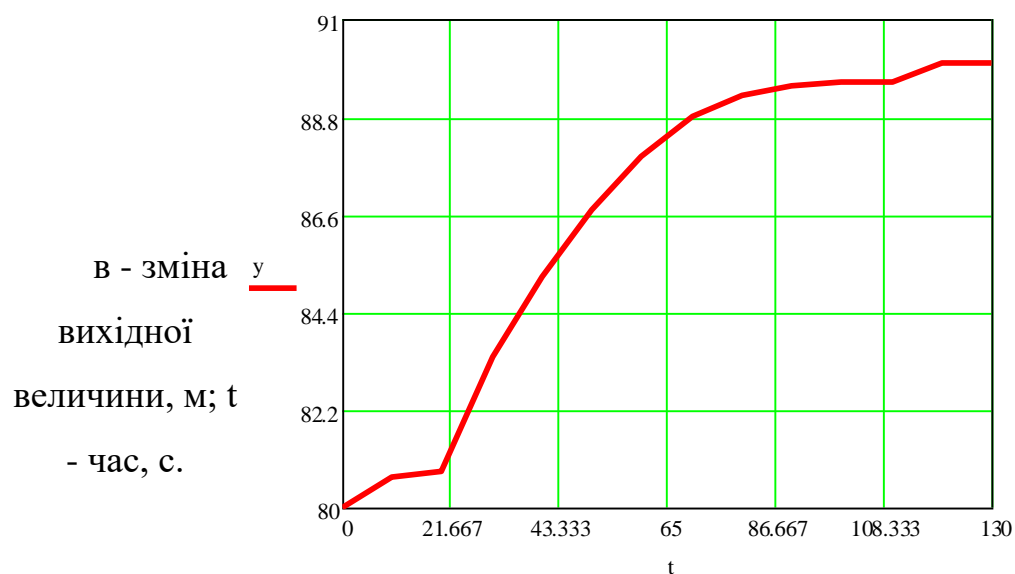


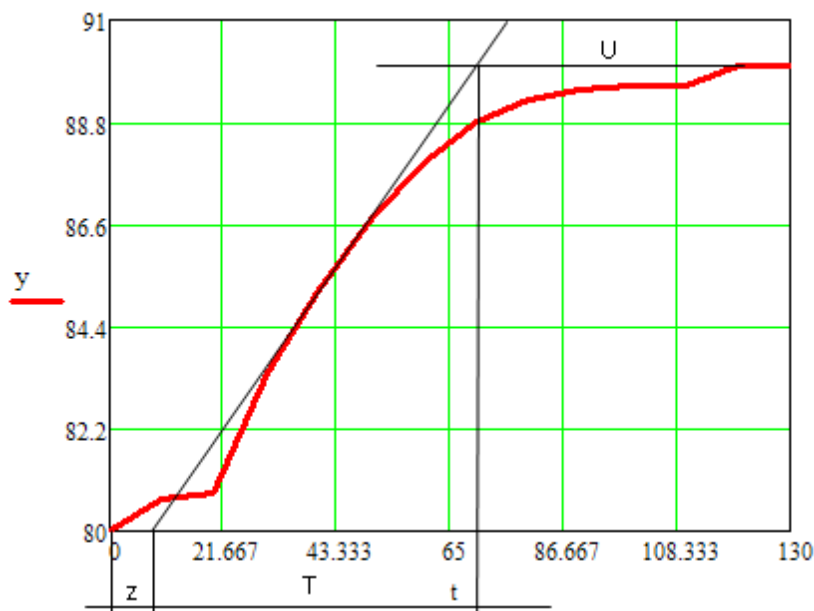
Рис 4.3.1.2 - Одержання перехідної функції об'єкта керування  $v(t)$ .

### 4.3. 2 Визначення параметрів передатної функції

Динамічні параметри перехідної функції визначаються по його експериментально знятій характеристиці графічним або графоаналітичним методами. Для отримання тимчасових постійних проводять дотичну в крапці перехідної функції, у якій швидкість зміни  $\frac{dh(t)}{dt}$  має максимальне значення, тобто із всіх можливих дотичних, вірною буде та що матиме найбільший кут нахилу.

Графік динамічних параметрів об'єкта по екстремальній перехідній функції з додатковими побудовами подано на малюнку 4.3.2.1

Отримана експериментальна функція, яку ми з'ясували раніше, дозволяє зробити вивід, що даний об'єкт можна апроксимувати послідовним з'єднанням аперіодичної ланки першого порядку й ланки чистого запізнювання.



Малюнок 4.3.2.1 - Визначення динамічних параметрів об'єкта йз самовирівнюванням по екстремальній перехідній функції.

Одержана передатна функція об'єкта по каналу керування має вигляд:

$$W(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-\tau p}, \quad (1.1)$$

де  $k$  - коефіцієнт підсилення об'єкта,

$T$  - постійна години об'єкта,

$t$  - час запізнювання об'єкта.

Одержуємо:

$$k := 1,6$$

$$t := 15$$

$$T := 50$$

#### 4.3.3 Побудова розрахункової перехідної функції об'єкта керування

Розрахункову перехідну функцію об'єкта визначимо у програмному пакеті Mathcad по раніше отриманій передатній функції

$$\begin{array}{l}
 \left( \begin{array}{l} 0 \\ 10 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \\ 110 \\ 120 \\ 130 \end{array} \right) t1 := \begin{array}{l} \Delta y := 10 \quad \Delta x := 10 \\ k := \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad k = 1 \\ \underline{k} := 1.6 \\ \tau := 15 \\ \underline{T} := 50 \\ \underline{W(p)} := \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1} \\ \\ \frac{W(p)}{p} \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace, } p \\ \text{float, 2} \end{array} \right. \rightarrow -1.0 \Phi(t - 15.0) \cdot (1.6 e^{-0.02 \cdot t + 0.3} - 1.6) \\ \\ h(t) := -1.0 \Phi(t - 15.0) \cdot (1.6 e^{-0.02 \cdot t + 0.3} - 1.6) \end{array}
 \end{array}$$

Побудуємо графіки експериментальної й розрахункової перехідної функції (малюнок 4.3.3).

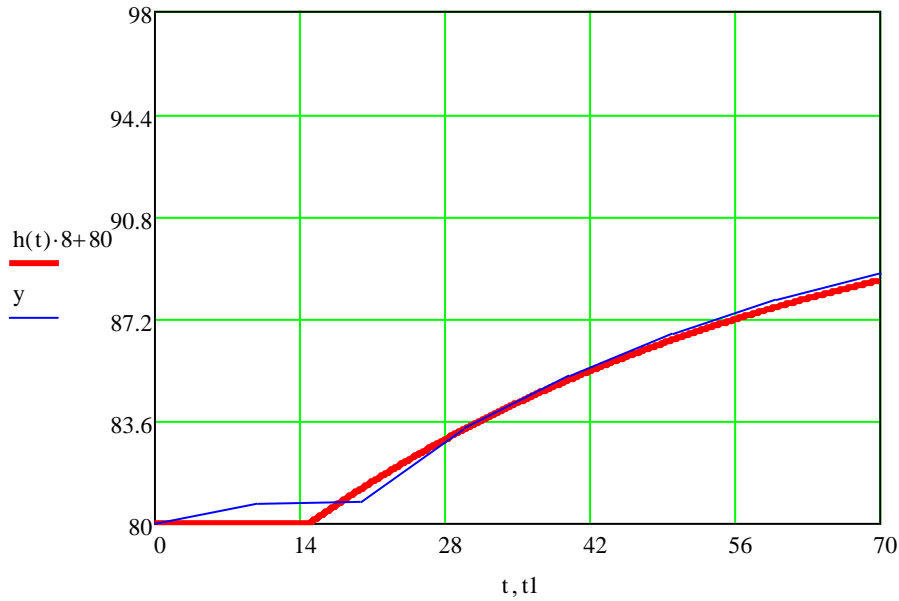


Рис 4.3.3 - Ідентифікація експериментальної й розрахункової перехідної функції.

$h(t)$  - розрахункова перехідна функція;

$y(t)$  - експериментальна функція перехідного процесу;

#### 4.3.4. Вибір закону регулювання й типу регулятора

**Закон регулювання** — це математична залежність, за допомогою якого визначається регулюючий вплив по сигналі неузгодженості.

**П** - регулятори здійснюють закон регулювання, у якому регулювальний орган переміщається пропорційно відхиленню регульованого параметра:

$$x = k \cdot \Delta y. \quad (1.2)$$

Швидкість переміщення регульовального органа пропорційна відхиленню регульованого параметра:

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot \frac{d\Delta y}{dt}, \quad (1.3)$$

де  $k$  — коефіцієнт передачі регулятора.

Таким чином, **П** - регулятор має один параметр настроювання  $k$ .

III - регулятори здійснюють закон регулювання, у якому регульовальний орган переміщається пропорційно відхиленню й інтегралу відхилення регульованого параметра:

$$x = k \cdot \Delta y + \left( \frac{1}{T_u} \right) \cdot \int_0^t \Delta y \cdot dt. \quad (1.4)$$

Таким чином, III - регулятор має два параметри настроювання:  $d_0$ ,  $T_u$  й  $T_n$ . Для вибору типу регулятора потрібно орієнтуватися на величину відносності запізнювання до постійної часу в об'єкті  $\tau/T$ .

Якщо  $\tau/T < 0,2$ , вибирають релейний, безперервний або цифровий регулятори. Якщо  $0,2 < \tau/T < 1$ , обрають безперервний або цифровий, III - або ПД - регулятор. Якщо  $\tau/T > 1$ , то обрають спеціальний цифровий регулятор, що компенсує запізнювання в контурі керування. Однак цей же регулятор рекомендується застосовувати й при менших відносинах  $\tau/T$ .

Для даного об'єкта відношення  $\tau/T = 15/50 = 0,3$ , отже можна зробити висновок, що обрати слід III- або ПД - регулятор.

За розрахунками було обрано параметри настроювання III-регуляторів, тому що за показники якості регулювання, він більш оптимальний.

Розрахунки параметрів настроювання III - регулятора з урахуванням типового процесу регулювання

Розглянутий об'єкт керування апроксимується аперіодичною ланкою 1-го порядку й має самовирівнювання. Виходячи із цього, у якості типового приймемо аперіодичний процес.

Передатна функція III - регулятора має вигляд:

$$W(p) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_u \cdot p} \right) \quad (1.5)$$

Застосувавши таблицю типового аперіодичного процесу регулювання було визначено параметри регулятора з формули:

$$K_p = \frac{0.6}{K_{ov} \tau / T};$$

$$T_u = 0,6T.$$

Тоді  $K_p = 1,25$ ;  $T_u = 30$ .

Виходить, передатна функція ПІ - регулятора прийме вид

$$W_{pi}(p) := K_p \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_u \cdot p} \right)$$

$$W_{pi}(p) := 1.25 \left( 1 + \frac{1}{30p} \right)$$

Аналіз стійкості САР за критерієм Найквіста

Розглянемо критерій Найквіста, що дозволяє по виду АФЧХ розімкнутої системи визначити, чи є система стійкою, і формулюється в такий спосіб:

**Система регулювання, стійка в розімкнутому стані, буде стійка й у замкнутому стані, якщо годограф амплітудно-фазової частотної характеристики розімкнутої системи не охоплює крапку з координатами  $(-1, i0)$ .**

Для застосування частотного критерію стійкості Найквіста необхідно знайти, стійка чи нестійка система в розімкнутому стані. При цьому якщо система в розімкнутому стані нестійка, то варто визначити кількість коренів її характеристичного рівняння, що мають позитивні дійсні частини. Тільки в цьому випадку можна застосувати частотні критерії стійкості Найквіста до дослідження стійкості замкнутої системи.

Синтез розімкнутої САР з ПІ-регулятором

щоб визначити стійкість замкнутої системи з ПІ-регулятором згідно критерію Найквіста записують передатну функцію розімкнутої системи автоматичного регулювання:

$$W(p)_{\text{розімкнутої системи}} = W(p)_{\text{об'єкта управління}} \cdot W(p)_{\text{регулятора}}$$

Передатна функція розімкнутої системи з ПІ- регулятором прийме вид:

$$W_{piraz}(p) := W(p) \cdot W_{pi}(p)$$

$$W_{piraz}(p) := \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1} \cdot \left[ K_{p1} \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_{u1} \cdot p} \right) \right]$$

$$W_{piraz}(p) := \frac{1.6 \cdot e^{-15 \cdot p}}{50 \cdot p + 1} \cdot \left[ 1.25 \cdot \left( 1 + \frac{1}{30 \cdot p} \right) \right]$$

Запас стійкості по амплітуді й по фазі системи з Пі-регулятором

Для визначення стійкості замкнутої системи з Пі-регулятором згідно критерію Найквіста запишемо передатну функцію розімкнутої системи автоматичного регулювання.

$$W_{piraz}(p) := W(p) \cdot W_{pi}(p)$$

$$W_{piraz}(p) := \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1} \cdot \left[ K_{p1} \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_{u1} \cdot p} \right) \right]$$

де  $W(p)$  - передатна функція об'єкта керування;

$W_{piraz}(p)$  - передатна функція розімкнутої системи;

$W_{pi}(p)$  - передатна функція Пі - регулятора.

Побудова АФЧХ розімкнутої системи з Пі- регулятором в Mathcad показано на малюнку 4.3.4.1



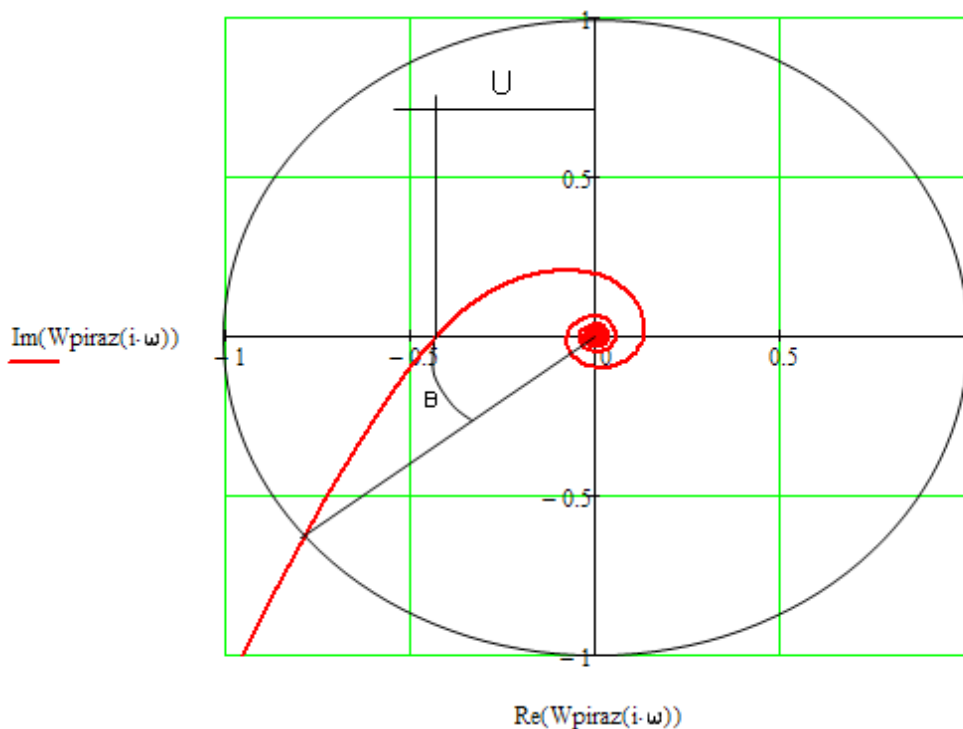


Рис 4.3.4.1 - АФЧХ розімкнутої САР з Пі-регулятором.

По АФЧХ розімкнутої системи з ПІ - регулятором можна зробити висновок, що замкнута система з ПІ- регулятором є стійкою за критерієм Найквіста. Провівши додаткові побудови, визначимо: запас стійкості по амплітуді становить  $A=1/U=1/0,4=2.5$  по фазі запас стійкості  $Q=43^\circ$ .

Побудова перехідної функції замкнутої САР з ПІ-регулятором по її передатній функції Для побудови використаємо програмний комплекс MathCad.

Передатна функція замкнутої САР рівня з Пі-регулятором:

$$W(p) := \frac{W(p) \cdot W_{pi}(p)}{1 + W(p) \cdot W_{pi}(p)}$$

$$W_{pi}(p) := \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p} \cdot K_{p1} \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{u1} \cdot p}\right)}{T \cdot p + 1 + K_{p1} \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{u1} \cdot p}\right) \cdot k \cdot \left(1 - \tau \cdot p + \frac{\tau^2 \cdot p^2}{2}\right)}$$

$k := 1.6$   
 $\tau := 15$   
 $T := 50$

$$\frac{W_{pi}(p)}{p} \Bigg|_{\substack{\text{invlaplace, p} \\ \text{float, 2}}} \rightarrow \Phi(t - 15.0) \cdot \left(0.78 e^{-0.057 \cdot t + 0.86} + -1.8 \cos(0.064t - 0.96) \cdot e^{-0.032 \cdot t + 0.49}\right)$$

$$h(t) := \Phi(t - 15.0) \cdot \left(0.78 e^{-0.057 \cdot t + 0.86} + -1.8 \cos(0.064t - 0.96) \cdot e^{-0.032 \cdot t + 0.49} + -0.21 \sin(0.064t - ($$

Графік перехідної функції замкнутої АСР рівня з ПІ - регулятором показань на малюнку 4.3.4.2.

$h(t)$  - рівень, м;  $t$  - час, с.

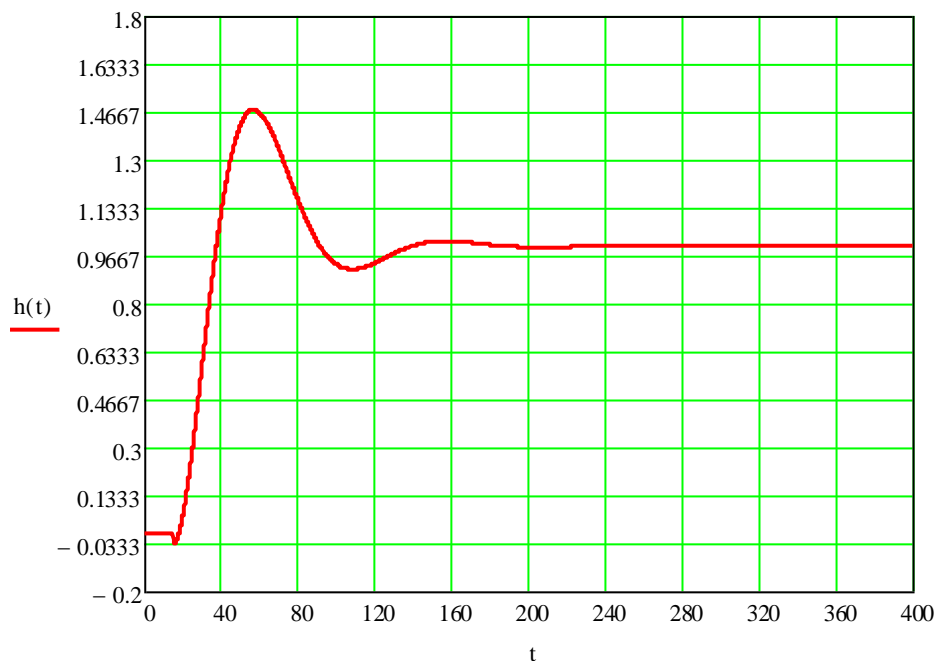


Рис 4.3.4.2 -Перехідна функція замкнутої системи автоматичного регулювання з ПІ – регулятором

Розрахуємо показники якості керування замкнутої САР з Пі-регулятором

Як видно із графіка, у замкнутій системі з ПІ - регулятором час регулювання становить 220 с, перерегулювання становить 46%, тому що

$$\sigma = \frac{1,46-1}{1} \cdot 100 = 46 \quad (1.6)$$

Ступінь загасання становить 1, тому що

$$\psi = \frac{1,46-0}{1,46} = 1 \quad (1.7)$$

#### 4.4 Висновки

В даному розділі розробили функціональну схему програмно-апаратного комплексу а також структурну схему системи автоматичного регулювання вологістю, розрахували передатну функцію і визначили тип регулятора розраховавши такі показники якості, як час регулювання, перерегулювання й ступінь загасання. Підвівши підсумки ПІ – регулятор здатний забезпечити підтримку регульованого параметра в заданому діапазоні, отже, підвищити якість регулювання й мінімізувати втрати.

РОЗДІЛ 5 КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ  
АГРЕГАТОМ СУШИННЯ МОЛОКА

5.1 Алгоритмізація процесів функціонування агрегата

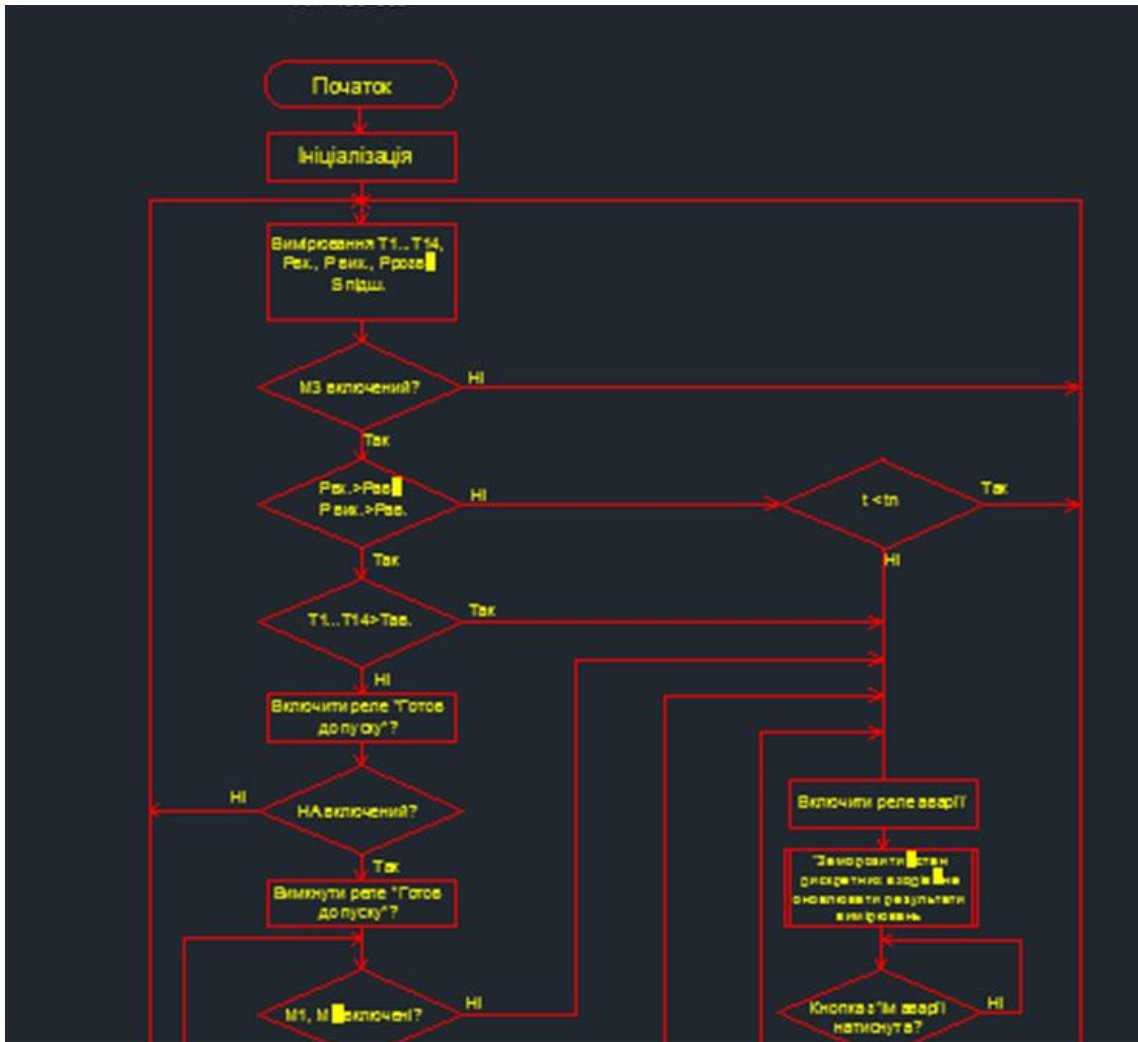


Рис 5.1 – Блок схема управління процесом сушки молока.

Підготовка агрегату до пуску повинна здійснюватися відповідно до правил експлуатації, де вказані обсяг і послідовність виконання операцій обслуговуючим персоналом.

Перед запуском процесу сушіння мають бути виконані наступні умови:

- Бак з підготовленим пастерезованим продуктом повний;
- Засувка на вході в сушильну вежу закрыта;
- Температура пастерезованого продукту знаходиться в межах 60-70°;

Перед пуском установки треба під'єднати розпилювач бункера сушильної установки до електромережі вмиканням головного запобіжника.

За 10-20 хвилин до запуску сушили в дію, необхідно повільно відкрити привід пара до підігрівача повітря і нагріти підігрівач.

Якщо ж інтервал часу не буде витриманий за будь яких умов, тобто пристрої сушарки будуть пущені пізніше, рекомендується увімкнути охолоджуючий вентилятор для відведення теплого повітря від розпилювача сушильного агрегату.

Пристрої сушки вмикають в наступному порядку:

- 1) охолоджуючий вентилятор,
- 2) нагнітаючий вентилятор,
- 3) всмоктуючий вентилятор,
- 4) змащення розпилювача,
- 5) розпилювач,
- 6) насос перекачки продукту,

Перевіряється число обертів розпилювального агрегата, яке повинно бути в межах 12000-12200 об/хв, температуру повітря, яке надходить в башту сушки, величина якої повинна бути 140-160°C і температура повітря, що виходить з сушильної башти.

Сушильна башта, трубопроводи і циклонні відділювачі повинні підігріватися до тих пір, поки температура повітря на виході з сушки сягатиме 100°-110°C.

При досягненні повітря цих температур на виході вмикається насос подачі згущеного молока.

Потім знову перевірити температуру повітря, число обертів розпилювача, яке повинно бути не менше 12000хв-1.

Далі регулюють подачу молока в сушку.

Під час сушки необхідно контролювати число обертів розпилювача.

При досягненні автоматичного регулювання постійної температури вихідного повітря тим самим і необхідного концентрата, вмикається система транспортування сушеного продукту в бак охолоджувач.

Під час роботи сушки необхідно слідкувати за наступними робочими параметрами:

- 1) за температурою повітря, що входить в башту сушки, температура 140°-160°C,
- 2) за температурою повітря, що виходить 85°-95°C,
- 3) за числом обертів диска розпилювача 12000хв-1,
- 4) за вакуумним манометром, що показує тиск в башті.

Далі контролюється безперервна подача згущеного молока.

Зупинка сушильної установки.

Перед закінченням роботи сушильної установки необхідно напустити у вирівнювальний танк 100л води температурою 30°-50°C.

Переключити автоматичне регулювання на ручне керування. Випустити молоко з танка і підвести воду до всмоктувача насосів.

Трубопровід молока і розподільвач розпилювача необхідно попередньо промити теплою водою. Після промивки необхідно закрити подачу пара до калорифера і включити наступні пристрої сушки:

1. насос згущеного молока,
2. розпилювач,
3. всмоктувальний вентилятор,
4. змащення розпилювача.

Пристрої для збивання, пневматичне транспортування, охолоджуючий вентилятор необхідно залишити в експлуатації на 10-15хв. Потім вимкнути на пульті управління всі невимкнені пристрої.

## 5.2 Програмне забезпечення роботи технологічного контролера.

SoMachine – система програмування контролерів сімейства SoMachine , яка не залежить від пристроїв. Відповідає стандарту IEC 61131-3, та підтримує всі стандартні мови програмування. Крім того, вона дозволяє включати C – підпрограми, що в свою чергу дозволяє програмувати численні пристрої управління в одному проекті. Проект SoMachine містить програму контролера, що складається з різних об'єктів програмування, а також він визначає ресурси, які необхідні, щоб виконати екземпляри програми (додатки) в визначених цільових системах. Генерація коду інтегрованими компіляторами з подальшим використанням цього машинного коду забезпечує короткі часи виконання. Передача даних між SoMachine і пристроєм проводиться через шлюз (компонент) і систему реального часу. Доступна повна онлайн функціональність для управління програмою в пристрої.[7]

Розглянемо процес автоматичного регулювання вологості та температури сухого молока на базі промислового контролера TM251MESC. Даний контролер та програмний продукт SoMachine має вбудовану функцію ПІД-регулятора з можливістю налаштування законів регулювання, необхідних для заданої роботи автоматичної системи.

Приклад налаштування ПІД-регулятора показано на рис. 5.2.  
Конфігурування регулятора здійснюємо в програмному середовищі SoMachine.

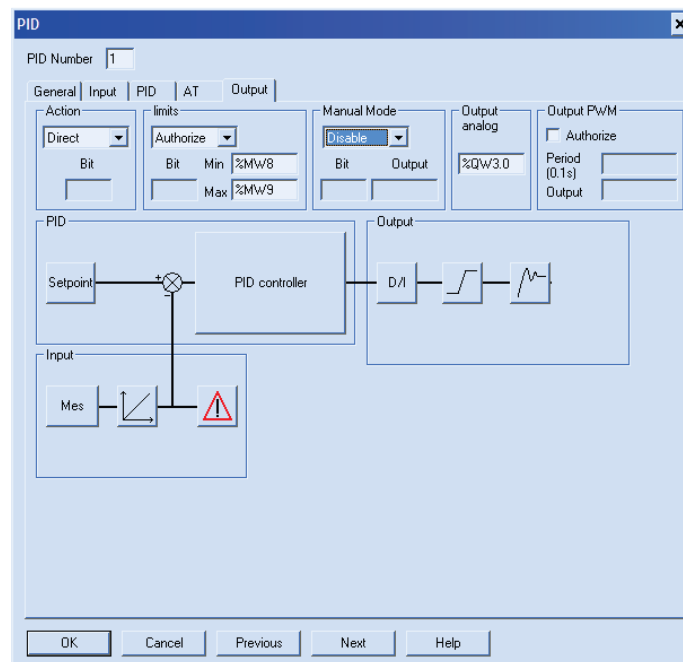


Рис. 5.2. Налаштування ПІ-регулятора в середовищі SoMachine вкладки  
PI Output.

Приклад коду ПЛК, який відповідає алгоритму керування процесом сушки  
молока поданий в текстовому вигляді в додатку В.

### 5.3 Диспетчеризація управління агрегатом сушки молока на базі SCADA – системи.

SCADA TRACE MODE - це високотехнологічний програмний комплекс  
для автоматизації технологічних процесів (АСУ ТП), телемеханіки,  
диспетчеризації, обліку ресурсів та автоматизації будівель. Цей комплекс  
працює під на таких популярних операційних системах як Windows і Linux.

SCADA TRACE MODE - це одна з перших інтегрованих інформаційних  
систем для управління промисловим виробництвом, яка об'єднує в цілому  
продукти класу (SOFTLOGIC-SCADA/HMI-MES-EAM).



Для створення операторського інтерфейсу та забезпечення управління системи автоматизації процесом сушки молока була обрана SCADA система TRACE MODE, представлена на рис 5.3, яка має дуже багато індивідуальних

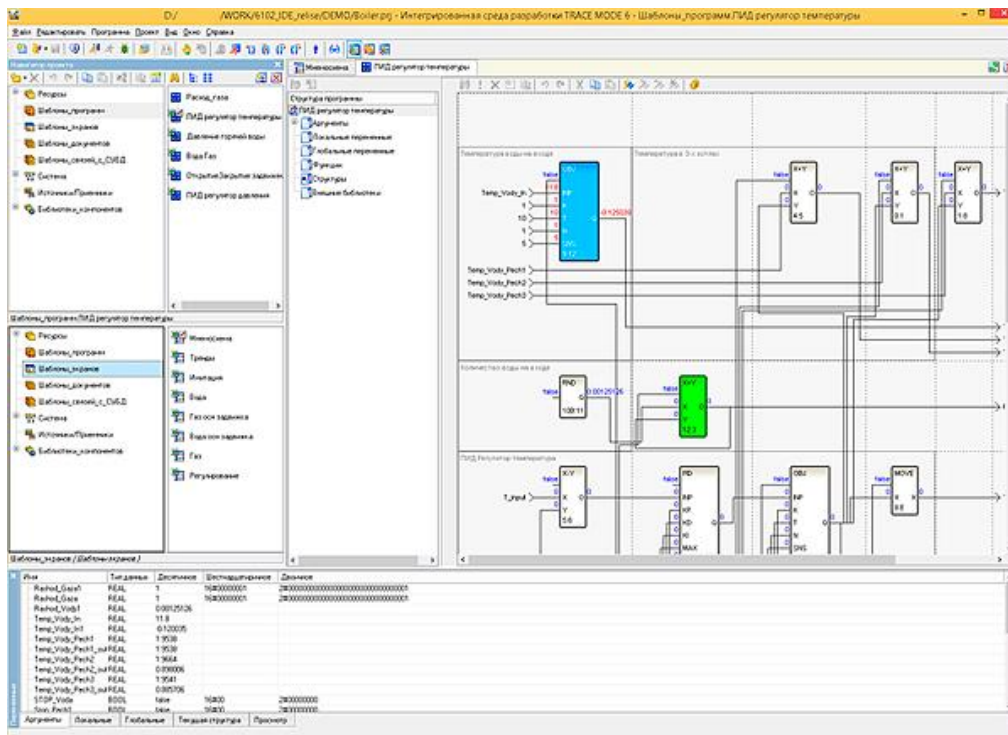


Рис. 5.3.1 - SCADA система TRACE MODE.

налаштувань та великий обсяг вбудованих бібліотек драйверів для понад 2755 різних контролерів, що дозволило налаштувати обладнання і об'єднати АСУТП сушіння молока в єдину, злагоджено працюючу систему.

Система збирання та відображення інформації для сушильної установки А1-ОР2Ч призначена для автоматизації процесу виробництва сухого молока, а також для стабілізації якості сухого молока шляхом підтримання заданої температури та вологості продукту на виході а також регулювання витрати вихідного продукту частотним регулятором, який керує насосом-дозатором.

Система автоматизації сушильної установки А1-ОР2Ч забезпечує:

- автоматичну підтримку заданої температури продукту на виході з сушильної камери регулюванням витрати вихідного продукту за допомогою ПІ-регулятора частоти, що управляє насосом-дозатором;
- дистанційне регулювання обертів двигуна насоса-дозатора;

- індикацію та дисплеї комп'ютера таких сигналів: температури молока у танках; температури повітря; температури готового продукту; розрідження та надлишкового тиску в камері; рівень молока у танку; роботи двигунів; роботи нагрівальних елементів та охолоджувачів; стани клапанів; оборотів двигуна розпилювальної установки;

Інтерфейсом диспетчеризації АСУТП сушильної установки А1-ОР2Ч був використаний Монітор реального часу SCADA TRACE MODE, на який виконує функції:

- моніторингу;
- оперативного диспетчерського управління;
- архівування технологічної інформації;
- ведення журналу тривоги.

Екран оператора відображений на рис 5.3.2

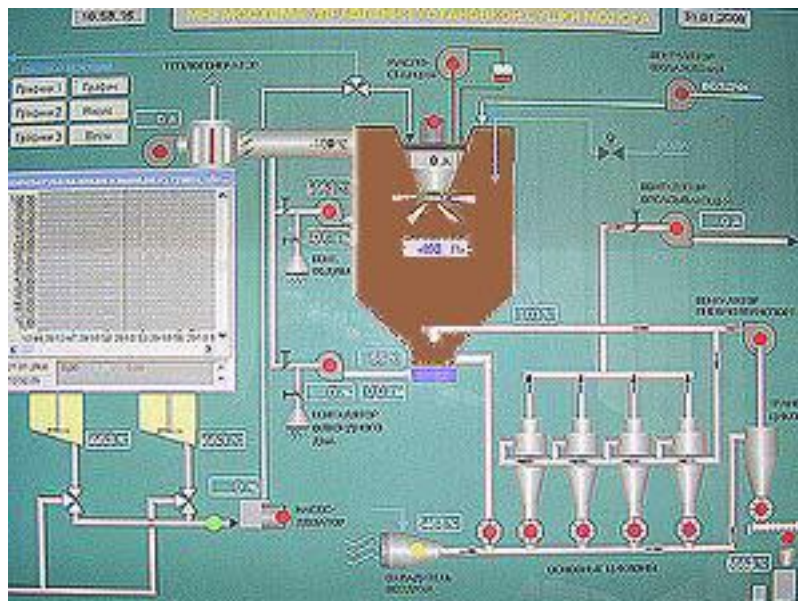


Рис. 5.3.2 - Кадри мнемосхеми в SCADA системі TRACE MODE.

## 5.4 Висновки

В даному розділі описаний алгоритм керування процесом сушки молока. Представлені програмні комплекси для взаємодії з контролером, а також налаштування контролера та описана робота SCADA системи на основі програмного комплексу TRACE MODE .

За допомогою даного комплексу оператор має оператор повний контроль над процесом сушки, а також може відслідковувати всі основні параметри в реальному часі.

## ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті була розроблена система керування процесом вироблення сухого молока. Розроблена система автоматично регулює температуру сушильного агрегата на вході в сушарку, керуючись сигналами датчика температури у вигляді термопари.

Було проведене моделювання розроблювальної системи за допомогою програмного пакету Matlab та отримані графіки процесів, які відбуваються в системі. Була проведена апроксимація кривої розгону й синтезована передатна функція об'єкта керування, а також замкнутої системи регулювання за допомогою програмного пакета Mathcad.

Обрано сучасні засоби автоматизації, що відповідають вимогам. Вони мають зручний інтерфейс для роботи оператора, забезпечують достатній рівень точності, безперервний вимір показників температури й вологості, більш енергоефективні для роботи системи сушіння молока. Запропонований алгоритм керування процесом сушки молока. Представлені програмні комплекси для взаємодії з контролером, а також налаштування контролера та описана робота SCADA системи на основі програмного комплексу TRACE MODE.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крусъ Г.Н., Тиняков В.Г., Фофанів Ю.Ф. Технологія молока й устаткування підприємств молочної промисловості. М.: Агропромиздат, 1986. 280 с.
2. Курчеева Г.И., Алетдинова А.А. Адаптивне керування підприємством. М.: Молочна промисловість, № 8, 2005, с. 22-24
3. Куликов Г. Г. й ін. Автоматизоване проектування інформаційних керуючих систем, - Уфа, УГАТУ, 1998.
4. Мамцев А. Н., Шиянова Н. И. Аналіз якості керування сушінням молока при використанні типових алгоритмів керування. Інновація в інтеграційних процесах утворення, науки, виробництва: Збірник на учних праць (м. Мелеуз, 17-18 квітня 2006 р.). Уфа: Гилем, 2006. - Стр. 226-232.
5. Молотків В.П. й ін. Система регулювання температури повітря в сушильній вежі. - Молочна промисловість, 1980, № 1 - С. 12.
6. Савосин СВ. Інтегрована система автоматизації управлінської діяльності промислового підприємства, дисс. - С-Пб., 1999
7. “SoMachine Руководство по программированию” – 2016. – 891с.
8. “Vijeo Citect Технический обзор” Schneider Electric, – 2012. – 68с.
9. Expansion I/O modules for Modicon M221, M241, M251 and M262 controllers - [Електронний ресурс].- Режим доступу до ресурсу: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=DIA3ED2140109EN.pdf&p\\_Doc\\_Ref=DIA3ED2140109EN](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=DIA3ED2140109EN.pdf&p_Doc_Ref=DIA3ED2140109EN)
10. Пат. US2006127232 (A1). Multistage centrifugal pump/ URBAN JOERG [DE]; KOCHANOWSKI WOLFGANG [DE]; BRECHT BERNHARD [DE]; SCHARPF STEPHAN [DE]; Заявл.' 17.11.2005; опубл.: 15.06.2006. — 7 с.
11. Пат. US2008267773 (A1). MULTISTAGE SLURRY PUMP/ ANDREWS DALE B; Заявл.: 23.04.2008; опубл.: 30.10.2008. — 9 с.
12. Назаревський В.С. – «Автоматизоване управління процесом вироблення сухого молока» – Міжнародна науково - технічна конференція «ІМА-2021». -

Суми -2021.- 169-170с.

- 13.Шестаков Н.В. Моделі й методи керування розвитком виробничих систем хіміко-технологічного типу, а/р. - М., 1999.
- 14.Шавров А.В., Солдатов В.В. Многокритериальное керування в умовах статистичної невизначеності. - М.: Машинобудування. -1990. -160 с.
- 15.Теорія автоматичного керування: Учеб. для вузів. Під ред. В.Б. Яковлева. - М.: Вища школа, 2003. - 567 с.
- 16.Стефани Е.П. Основи побудови АСУТП. - М.: Энергоиздат, 1982.-352 с.
- 17.Солдатов В.В., Маклаков В.В., Шиянова Н.И. Система робастного керування ТП виробництва сухого молока. // Автоматизація в промисловості 2006, №1. - Стр. 14-17.