

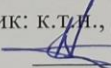
Пояснювальна записка

до бакалаврського дипломного проекту та тему:

«АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ
ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ВАПНЯКОВОГО МОЛОКА НА ЦУКРОВОМУ
ЗАВОДІ»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1АКІТ-206,
спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

 Тимчук А.О.
« 10 » 06 2024 р.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри АІТ
 Кабачій В.В.
« 10 » 06 2024 р.

Рецензент: проф. каф. КСУ Биков М.М.

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри АІТ Биков М.М.
« 17 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АІТ
д.т.н., професор
О.В. Бісікало
" 12 " 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКИЙ ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Тимчуку Андрію Олександровичу

1. Тема проєкту Автоматизована система управління технологічним процесом виробництва вапнякового молока на цукровому заводі

керівник проєкту Кабачій Владислав Володимирович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ВНТУ від « 11 » 03 20 року № 80

2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2024 р.

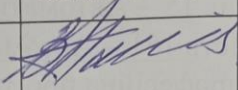
3. Вихідні дані до проєкту Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) призначена для керування операціями дозування шихти та завантаження її у піч з виробництва вапнякового молока на цукровому заводі. Вихідними параметрами, що підлягають регулюванню або контролю під час роботи АСУТП, є рівень шихти в печі випалювання (номінальне значення 1,5 м, мінімальне 2,0 м, максимальне 3,0 м), вага шихти в ківші скіпового підіймача (номінальне значення 800 кг, мінімальне 750 кг, максимальне 850 кг), розрідження у верхній частині печі (номінальне значення 25 Па, мінімальне 30 Па, максимальне 20 Па). Проєктована АСУТП виробництва вапнякового молока повинна бути інтегрованою з АСУ виробництвом (АСУВ) цукрового заводу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки 1) Техніко-економічне обґрунтування дипломного проєкту. 2) Концептуальне проєктування інтеграції АСУТП з АСУВ цукрового заводу. 3) Проєктування технічної частини АСУТП. 4) Проєктування програмного забезпечення АСУТП

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Концепція функціональної структури інтегрованої системи управління. Плакат демонстраційний 2) Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема електрична структурна. 3) Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема автоматизації функціональна.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Папінов В.М., професор кафедри АІТ		

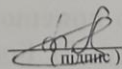
7. Дата видачі завдання

12.03.2024р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Терміни виконання	Примітка
1	Техніко-економічне обґрунтування дипломного проєкту	24.05.24 р.	
2	Концептуальне проектування функціональної структури ІСУ підприємства	24.05.24 р.	
3	Розробка технічного завдання на дипломне проектування	24.05.24 р.	
4	Проектування електричної структурної схеми системи	24.05.24 р.	
5	Проектування функціональної схеми автоматизації системи	31.05.24 р.	
6	Проектування програмного забезпечення системи	10.06.24 р.	

Студентка


(підпис)

Тимчук А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту


(підпис)

Кабачій В.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Бакалаврський дипломний проєкт складається з 82 сторінок формату А4, на яких є 18 рисунків, 6 таблиць, список використаних джерел містить 33 найменувань.

Метою проєкту є розробка сучасної автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП), яка забезпечить оператора об'єктивною та оперативною інформацією про хід процесу, здійснить якісний контроль і регулювання основних технологічних параметрів процесу, збільшить надійність процесу за рахунок автоматичного захисту промислового обладнання та підвищить ефективність роботи цукрового заводу завдяки інтеграції з його автоматизованою системою управління виробництвом.

У загальній частині роботи проведений аналіз існуючих на цукрових заводах аналогічних АСУТП, обґрунтована концепція більш досконалої системи управління та розроблено технічне завдання на її проєктування. В розрахунково-конструкторській частині роботи спроектована технічна частина нової АСУТП (схема функціональної структури, електрична структурна схема, функціональна схема автоматизації) та програмне забезпечення робочої станції оператора системи (схема даних, загальна архітектура, окремі програмні модулі, графічний людино-машинний інтерфейс).

Ключові слова: автоматизована система управління, технологічний процес, виробництво вапнякового молока, цукровий завод

Abstract

The bachelor's diploma project consists of 82 A4 pages, which have 18 figures, 6 tables, the list of sources used contains 33 items.

The goal of the project is the development of a modern automated technological process control system (ACSTP), which will provide the operator with objective and operational information about the progress of the process, carry out quality control and regulation of the main technological parameters of the process, increase the reliability of the process due to the automatic protection of industrial equipment and increase the efficiency of work sugar factory thanks to integration with its automated production management system.

In the general part of the work, an analysis of similar automatic control systems existing at sugar factories was carried out, the concept of a more advanced control system was substantiated, and a technical task for its design was developed. In the calculation and design part of the work, the technical part of the new automated control system (functional structure diagram, electrical structural diagram, functional automation diagram) and the software of the system operator's workstation (data diagram, general architecture, separate software modules, graphical human-machine interface) were designed.

Keywords: automated control system, technological process, production of limestone milk, sugar factory

Перелік скорочень

АСУ – автоматизована система управління.

АСУВ – автоматизована система управління виробництвом.

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом.

АСУП – автоматизована система управління підприємством.

ІСУ – інтегрована система управління

КІСУ – комп'ютерно-інтегрована система управління.

ТП – технологічний процес.

ТЗА – технічний засіб автоматизації.

ІПК – індустріальний промисловий комп'ютер;

ПЛК – програмований логічний контролер.

ПЗ – програмне забезпечення.

ФСА – функціональна схема автоматизації.

ЛМІ – людино-машинний інтерфейс.

ФІТА – факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації.

ВНТУ – Вінницький національний технічний університет.

PLC – Programmable Logic Controller.

HMI – Human-Machine Interface.

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition.

MES/MOM - Manufacturing Execution System/Manufacturing Operations Management.

Зміст

Вступ.....	8
1 Техніко – економічне обґрунтування дипломного проекту	10
1.1 Аналіз технологічного процесу, що підлягає автоматизації	10
1.2 Аналіз недоліків існуючих систем управління процесом.....	17
1.3 Формування напрямків проектування та розробка технічного завдання	23
2 Концептуальне проектування інтеграції АСУТП з АСУВ цукрового заводу	25
2.1 Вимоги діючих стандартів до проектування АСУВ	25
2.2 Обґрунтування загальної архітектури ІСУ цукрового заводу	29
2.3 Функціональна структура ІСУ цукрового заводу	33
3 Проектування технічної частини АСУТП.....	40
3.1 Визначення загальної конфігурації системи	40
3.2 Розробка електричної структурної схеми системи	41
3.3 Розробка функціональної схеми автоматизації системи	43
3.3.1 Реалізація контуру подачі шихти до ківшу	43
3.3.2 Реалізація контуру контролю рівня шихти в печі	45
3.3.3 Реалізація контуру контролю скіпового підіймача	46
3.3.4 Вибір виконавчих пристроїв	47
3.3.5 Вибір засобів віддаленого введення/ виведення сигналів	47
4 Проектування програмного забезпечення АСУТП	49
4.1 Вибір інструментальної системи проектування	49
4.2 Розробка схеми даних	51
4.3 Розробка стратегії управління в редакторі SCADA «Genie 3.0»	53
4.4 Розробка графічного інтерфейсу оператора системи	53
4.5 Розробка програмного забезпечення автоматичного формування звіту	63
Висновки	66
Література	67
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання на дипломне проектування.....	71
Додаток Б (обов'язковий) Графічна частина.....	76
Концепція функціональної структури інтегрованої системи управління. Плакат демонстраційний	77
Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема електрична структурна	78

					08-31.БДП.022.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система управління технологічним процесом виробництва вапнякового молока на цукровому заводі. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Тимчук А.О.			10.06			5	
Перевір.	Кабачій В.В.			10.06				
Реценз.								
Н. контр.	Овчинников К.В.			10.06				
Затверд.	Бісікало О.В.					ВНТУ, гр. ІАКІТ-206		

Вступ

Цукрова промисловість України переживає сьогодні не кращі свої часи: скорочення посівів цукрового буряка та низька його якість при мінімальній врожайності, високі ціни на енергоносії та зношене, морально застаріле обладнання ведуть до високої собівартості вітчизняного цукру. Крім того зараз відчувається потужний тиск тростяного цукру – сирцю, що виробляється країнами Латинської Америки.

Де ж вихід із такого становища? Безумовно, впровадження сучасних технологій вирощування буряка, заміну технологічного обладнання новим, як вітчизняним, так і закордонним, робити необхідно, і це вже робиться. Але це вимагає значних капітальних вкладень і досить тривалого часу. Як покращити якість цукру та знизити його собівартість вже зараз та без значних капітальних вкладень?

Одне з рішень цієї задачі – впровадження систем автоматизації технологічних станцій цукрового виробництва та створення єдиної системи управління потоками цукрового виробництва та витратами його енергії.

При відносно невеликій вартості систем автоматизації та швидкому їх впровадженні (півроку чи рік з моменту підписання договору до пуску системи до дії) такі системи дозволяють скоротити споживання енергії на 10-15%, зменшити втрати цукру та покращити якість готової продукції.

Основою якісного управління технологічним процесом є контроль, а основою операції контролю – одержання точної інформації про хід технологічного процесу. Саме за результатами оцінки цієї інформації виробляються і здійснюються операції управління технологічним процесом.

Ось чому в даному дипломному проєкті на основі індивідуального завдання та розробленого технічного завдання (додаток А) і вирішуються ці питання стосовно до технологічних процесів виробництва вапнякового молока у вапняково-випалювальній печі цукрового заводу.

Метою проєкту є розробка сучасної автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП), яка забезпечить оператора об'єктивною та оперативною інформацією про хід процесу, здійснить якісний контроль і регулювання основних технологічних параметрів процесу, збільшить надійність процесу за рахунок автоматичного захисту промислового обладнання та підвищить ефективність роботи цукрового заводу завдяки інтеграції з його автоматизованою системою управління виробництвом.

Для цього в роботі вирішуються такі задачі:

- дослідження та аналіз технологічного процесу, що автоматизується;
- аналіз недоліків існуючих АСУТП;
- обґрунтування загальної архітектури ІСУ цукрового заводу;
- розробка технічного завдання на дипломне проєктування;
- розробка функціональної структури ІСУ цукрового заводу;

- визначення загальної конфігурації АСУТП;
- обґрунтування вибору апаратних засобів автоматизації для АСУТП;
- проектування електричної структурної схеми АСУТП на основі вибраних програмно-апаратних засобів;
- проектування функціональної схеми автоматизації АСУТП;
- проектування схеми даних програмного забезпечення АСУТП;
- обґрунтування вибору інтегрованої інструментальної системи для проектування програмного забезпечення (ПЗ) АСУТП;
- розробка ПЗ для комп'ютера оператора АСУТП.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виробництва вапнякового молока у вапняково-випалювальній печі цукрового заводу.

Предмет дослідження: методи та засоби автоматизованого управління технологічними процесами.

Основні методи дослідження: аналіз, синтез, аналогія, абстрагування, узагальнення, класифікація, індукція.

Науково-технічний рівень розробки: запропонований ефективний спосіб реалізації відкритої та дешевої системи автоматизованого управління на основі сучасних інформаційних технологій та програмно-апаратних засобів, яка інтегрована з автоматизованою системою управління виробництвом цукрового заводу.

Практичне значення отриманих результатів: проєкт нової автоматизованої системи, виконаний в даному дипломному проєкті, може бути використаний як ескізний проєкт для аналогічної автоматизованої системи на конкретному цукровому заводі.

Апробація результатів проектування: основні результати виконання бакалаврського дипломного проєкту опубліковані у матеріалах щорічної НТК викладачів та студентів ВНТУ (Вінниця, ВНТУ, 2024 р.) [1].

1 Техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту

1.1 Аналіз технологічного процесу, що підлягає автоматизації

Вапнякове молоко використовується на ділянці сатурації технологічного процесу виробництва цукру (основне призначення), а також при зберіганні буряка та в системі водовикористання заводу [2-7]. Вапнякове молоко за технологічними нормами готується щільністю до 1190 кг/м³ шляхом гасіння випаленого вапна у спеціальних вапняково-гасильних апаратах. Випал вапна здійснюється у вапняково-випалювальній печі.

Тобто весь технологічний процес виробництва вапняного молока складається з окремих технологічних станцій (технологічних операцій):

- підготовки шихти для вапняково-випалювальної печі;
- завантаження шихти в вапняково-випалювальну піч;
- випалу вапна в печі з одночасним відбором сатураційного газу;
- вивантаження випаленого вапна з печі;
- приготування вапняного молока у вапняково-гасильних апаратах.

Хоча процес приготування вапнякового молока і відноситься в цукровій промисловості до категорії допоміжних, проте вплив якості виконання зазначених технологічних операцій на показники роботи основної ділянки очищення соку, на витрати пари, вапняку та вугілля дуже значний.

Цим пояснюються досить жорсткі вимоги до підтримки основних параметрів, що регламентовані операційною технологією:

- запас вапняку та вугілля в бункерах – не менше ніж на 16 годин роботи заводу;
- доза вугілля по відношенню до маси вапняку 7,2 – 7,5 %;
- вміст CO₂ у сатураційному газі – не менше 30 %;
- температура на виході з печі сатураційного газу 120-140 °С, вапна – не більше 80 °С;
- кількість відходів після гасіння вапна по відношенню до маси вапна, що завантажено, – не більше 5 %;
- температура газу після охолодження не більша за 30 °С;
- тиск води перед форсунками – не менше 110 кПа;
- щільність вапнякового молока 1180-1200 кг/м³;
- температура води, що подається для гасіння вапна, 80°С.

В печі гашене вапно та сатураційний газ виробляються шляхом розкладення вапняку (вапнякового каменю) при його нагріванні. Вапняково-випалювальна піч як об'єкт управління має деякі особливості. Одна з них полягає в тім, що безаварійна робота печі та забезпечення кількісних та якісних показників можливі лише при її стабільній продуктивності. За цією причиною піч не повинна “відчувати” коливань продуктивності станції сатурації. Так при суттєвому зниженні використання сатураційного газу та вапнякового молока з'являється їх надлишок. Надлишок газу треба викидати

у атмосферу, а надлишкове вапно повинне відводитись на сторону. Крім того, можна встановлювати буферний бункер для випаленого вапна між піччю та вапняково-гасильним апаратом.

Інша особливість полягає в тім, що процес випалу вапняку характеризується великою тривалістю та інерційністю. Із-за цього ніякий керуючий вплив (зміна відношення “вапняк-вугілля” при завантаженні ковшу скіпового підіймача, зміна кількості сатураційного газу, що відводиться з печі, зміна темпу вивантаження випаленого вапна з печі) не дає швидкого результату по зміні характеристик процесу.

Найбільш складним з точки зору управління є процес дозування вапняку та вугілля до ковшу скіпового підіймача з наступним його підйомом і вивантаженням шихти в піч для її заповнення до заданого рівня. Як вказувалось вище, рекомендоване співвідношення вапняку до вугілля при дозуванні складає приблизно 10:1, а більш точне значення встановлюється оператором в залежності від поточних характеристик вапняку та вугілля.

Складність управління процесом пояснюється тим, що в ньому задіяна велика кількість механізмів та пристроїв, що утруднюють роботу вручну. Саме з цієї причини технологічні операції дозування та завантаження шихти в піч намагаються максимально автоматизувати.

Технологічна схема дозування шихти та завантаження її в піч наведена на рисунку 1.1.

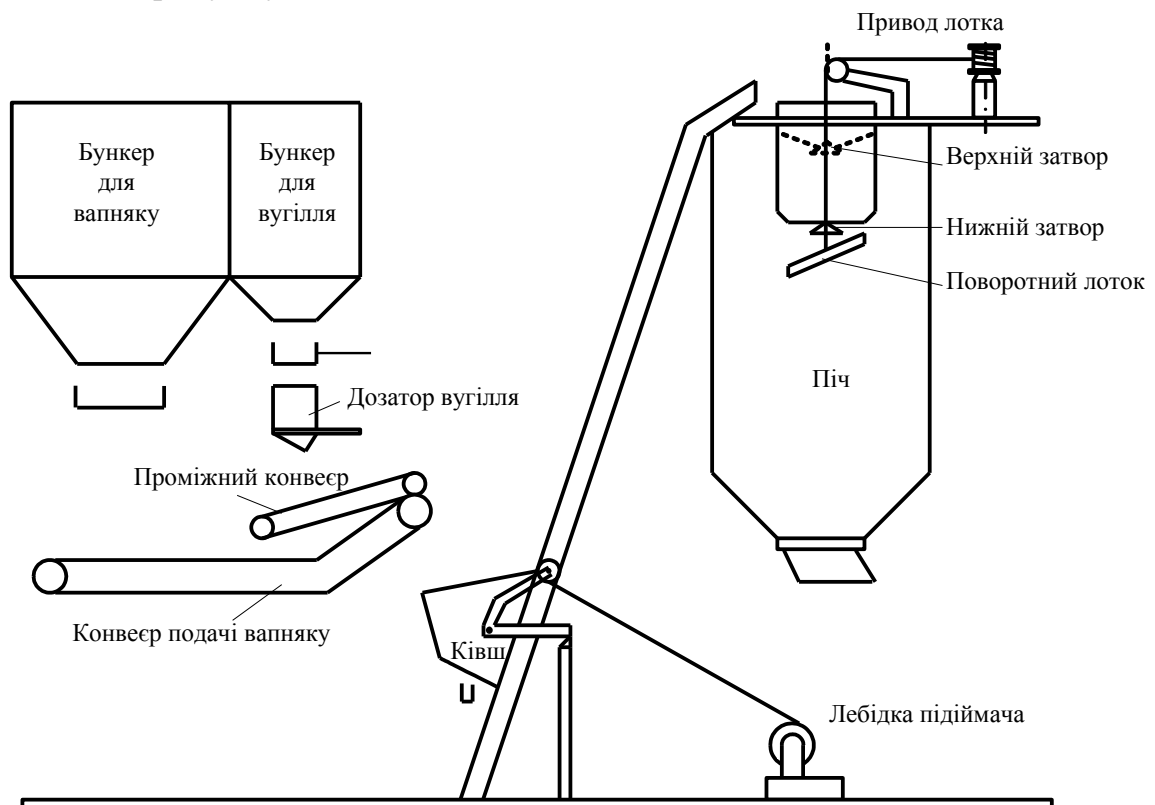


Рисунок 1.1 – Технологічна схема завантаження печі

Дозування компонентів шихти здійснюється у такій послідовності. В ківш, що знаходиться в крайньому нижньому положенні, з дозатора спочатку завантажують заздалегідь приготовлену дозу вугілля, а потім подають вапняк до досягнення певної ваги ковшу з шихтою. При цьому у ковші повинно досягатися задане співвідношення 10:1 вапняку до вугілля. Розповсюджений метод зважування ковшу під час його завантаження на підйомних вагах. М'яка посадка ковшу на ваги досягається його зупинкою при опусканні трішки вище крайньої нижньої точки з наступним вільним рухом ковшу вниз після відключення електродвигуна лебідки та відпущених гальмах до моменту, коли досягнутий приймальний вузол ваг і ослаблений трос лебідки. При цьому широко використовуються кінцеві вимикачі.

Після завантаження ковшу він підіймається до верхньої точки скіпового підіймача і автоматично вивантажується. Шихта попадає в спеціальний завантажувальний пристрій печі. Він складається з двох затворів (верхнього та нижнього) та поворотного лотка. Спочатку відкривається верхній затвор і шихта попадає в проміжний бункер. Верхній затвор закривається і відкривається нижній затвор, через який шихта попадає на поворотний лоток. Завдяки такій конструкції забезпечується герметичність печі та рівномірне заповнення печі шихтою. Після того, як уся доза шихти з ковшу завантажена в піч, нижній затвор закривається, а ківш починає рух донизу. При досягненні нижньої точки ківш зупиняється, а лоток завантажувального пристрою печі повертається у нове положення.

Таким чином, цикл завантаження печі та одного ковша включає такі основні операції:

- завантаження в ківш попередньо підготовленої дози вугілля при умові, що рівень шихти в печі менше заданого значення;
- завантаження в ківш вапнякового каменю до заданої загальної маси ковша, що фіксується пристроєм, що зважує;
- підйом ковша на верх печі з наступним вивантаженням дози шихти в спеціальний завантажувальний пристрій печі;
- послідовне відкриття і закриття двох затворів завантажувального пристрою за принципом роботи шлюзу, у результаті доза доставленої скіповим підіймачем шихти спочатку скидається в горловину, закриту нижнім затвором, а потім при закритому верхньому затворі по поворотному лотку завантажувальний пристрій печі повертається в піч;
- повернення ковша у початкове положення;
- поворот лотка на визначений кут із тим, щоб нова доза шихти вивантажувалася в піч на нове місце.

Звичайно робота паливо-дозувального і завантажувального пристроїв (відкриття і закриття верхнього і нижнього затворів, поворот лотка) зв'язується з однією з чотирьох стадій робочого циклу скіпового підіймача: нижнє положення ковша, рух ковша нагору, верхнє положення ковша в перекинутому стані, рух ковша униз, що визначає однозначно схему

управління завантаженням печі. З цієї причини блок-схеми різноманітних систем управління процесом завантаження відрізняються в основному апаратною реалізацією блок-схеми управління в зв'язку з конструктивними особливостями конкретної вапняково-випалювальної печі і тракту подачі вапнякового каменю і вугілля в ківш підіймача

Таким чином, для здійснення технологічних операцій дозування шихти та її завантаження в піч необхідно контролювати рівень шихти в печі і керувати роботою усіх механізмів та пристроїв, а також додатково вимірювати розрідження у верхній частині печі для отримання інформації про темп відведення сатураційного газу.

Дослідимо особливості процесів та обладнання дозування та завантаження печі на прикладах виконання деяких схем управління. Найбільш уразливим місцем деяких схем через шкідливий атмосферний вплив були кінцеві вимикачі, що встановлювалися ззовні і фіксували верхнє і нижнє положення ковша скіпового підіймача. Використання в більш пізніх схемах реле контролю опору ИКС-2Н замість зазначених кінцевих вимикачів вирішило цю проблему. Реле встановлювалися на щиті управління в опалювальному приміщенні, а електроди мітелкового типу, відповідно, у верхній і нижній частинах скіпового підіймача. Завдяки високій чутливості реле ИКС-2Н надійно функціонували стани скіпового підіймача навіть при зледенінні електродів, а також виступали у якості сигналізатора ослаблення натягу троса.

На вітчизняних цукрових заводах дозування вугілля в ківш скіпового підіймача здійснюється дотепер живильником-дозатором палива типу ПДУ-1М заводу «Сахпроммеханізація», що являє собою підйомні ваги. На одному з плечей коромисла встановлюється бункер на 80 кг вугілля, який відкритий зверху і має керований затвор знизу. На іншому плечі підвішується противага, за допомогою якої встановлюється маса необхідної дози вугілля. Вугілля з бункера подається в дозатор живильником. Після набору заданої дози за допомогою кінцевого вимикача подається сигнал, по якому подача вугілля в дозатор припиняється. Затвор дозатора відчиняється для розвантаження вугілля в ківш скіпового підіймача або на проміжний конвеєр за допомогою електромагніта. У відкритому положенні затвор утримується засувкою. За сигналом закриття затвора засувка звільняється іншим електромагнітом, і затвор закривається під дією противаги. Для контролю крайніх положень затвора дозатора використовуються кінцеві вимикачі.

Як вже описувалось вище, після завантаження дози вугілля до ковшу виконується наступне завантаження вапняку до ковшу при одночасному зважуванні ковшу з шихтою.

Ківш скіпового підіймача із шихтою важиться двома методами. За першим методом ківш у нижньому положенні сідає безпосередньо на опорний елемент вагового пристрою, а трос лебідки при зважуванні

послабляється. Цей метод одержав найбільше поширення і застосовується з використанням підйомних ваг на печах малої продуктивності.

Печі великої продуктивності характеризуються великою масою ковша і великою висотою скіпового підіймача. Вони обов'язково мають спеціальний фіксуєчий пристрій (“пастку”), який при ослабленні троса спрацьовує, сприймаючи масу ковша на себе. У цьому випадку застосовується метод зважування ковша «на тросі», коли ківш у нижньому положенні не сідає на опорний елемент, а зависає на тросі. Зважування здійснюється шляхом виміру зусилля, що розтягує трос, або зусилля, яке сприймається одним із роликів лебідки скіпового підіймача.

Припускається дозування вапнякового каменю в режимі автоматичного управління за часом роботи подавальних механізмів - живильника та конвеєра. При вдалому розташуванні пункту управління вапняково-випалювальної печі, що забезпечує візуальний контроль за роботою механізмів тракту подачі вапнякового каменю і вугілля в ківш, дозування за часом дають цілком задовільні результати, що підтверджується практикою роботи деяких цукрових заводів.

Для контролю рівня шихти в печі використовуються в основному штанговий і радіоізотопний рівнеміри. На рисунку 1.2 наведена загальна структурна схема штангового рівнеміра.

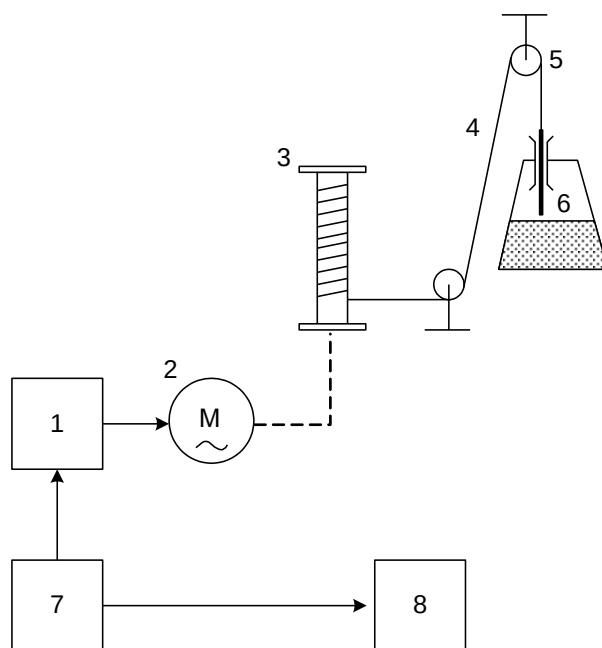


Рисунок 1.2 – Загальна структурна схема штангового рівнеміра

На рисунку позначено: 1- лебідка, 2 – електродвигун лебідки, 3 – барабан, 4 – трос, 5 – система роликів, 6 – штанга, 7 - блок дистанційного управління, 8 – вторинний прилад.

У вихідному стані штанга знаходиться у верхньому положенні. Після

вивантаження чергової дози шихти та закриття нижнього затвору вмикається електродвигун лебідки і за допомогою тросу опускає штангу вниз до торкання поверхні шихти. При цьому трос провисає і кінцевий вимикач вмикає живлення електродвигуна. Лебідка зупиняється і стоїть до тих пір, поки рівень шихти не почне знижуватися. По мірі опускання шихти штанга періодично буде повисати на тросі, приводити до дії лебідку і безперервно знаходитися на поверхні шихти. Положення штанги фіксується диференціально-трансформаторним датчиком блоку дистанційного управління і фіксується вторинним приладом. Максимальний хід штанги рівнеміра складає 2 м. Штангові рівнеміри при ретельному виготовленні і правильному режимі експлуатації печі працюють досить надійно.

Більш досконалим є радіоізотопний рівнемір (наприклад, гама - реле типу УР-8М), хоча його використання пов'язано з необхідністю дотримання певних запобіжних заходів щодо експлуатації і збереження джерел радіоактивного випромінювання.

Початком завантаження печі шихтою є момент посадки ковша скіпового підіймача в крайнє нижнє положення, коли спрацьовує реле ИКС-2Н, що призводить до одночасного виконання таких операцій:

- вимиканню електроприводу скіпової лебідки;
- вмиканню електроприводу поворотного лотка, що відключається після закінчення 10-12 с за допомогою реле часу РВП;
- відкриттю затвора дозатора вугілля з вмиканням конвеєра вугілля;
- завантаження вугілля в ківш.

Остання операція виконується при наявності сигналів дозволу про готовність дози вугілля і про те, що рівень шихти в печі, що вимірюється рівнеміром, знаходиться нижче позначки установки датчика. При відсутності сигналу дозволу за рівнем шихти у печі, виконання цієї операції затримується до появи сигналу. Відсутність сигналу про готовність, що вмикається при нормальному функціонуванні системи, свідчить про несправність або у дозаторі вугілля, або сигнального ланцюга, або про відсутність вугілля в бункері. За допомогою реле встановлюється така тривалість відкритого положення затвора і роботи конвеєра вугілля, якої достатньо для завантаження дози вугілля в ківш. Після закінчення часової затримки затвор дозатора закривається, а конвеєр виключається.

За сигналом закриття затвора дозатора включається живильник вугілля і дозатор наповняється вугіллям до заданої противагою дози. Готовність дози сигналізується з одночасним відключенням живильника вугілля. З цього моменту дозатор вугілля готовий до участі в наступному циклі завантаження печі.

По закінченні завантаження вугілля в ківш за сигналом кінцевого вимикача включаються живильник вапнякового каменю і конвеєр подачі вапнякового каменю. Подача каменю в ківш продовжується до спрацьовування кінцевого вимикача індикатора маси шихти, після чого

живильник і конвеєр виключаються і подається сигнал про готовність дози шихти. У якості резервного варіанта передбачається завантаження ковша вапняковим каменем за допомогою спеціальних реле часу роботи живильника і конвеєра каменю.

Після одержання сигналу про готовність дози шихти включаються лебідка для підйому ковша нагору і двигун електрогідравлічного приводу нижнього затвора. Після закінчення 4-8 секунд, необхідних для висипання шихти попереднього циклу завантаження по поворотному лотку зі шлюзу завантажувального пристрою в шахту печі, двигун відключається, а затвор під дією противаги закривається. Таким чином, завантаження дози шихти в піч відбувається при закритому верхньому затворі.

У момент досягнення ковшем крайнього верхнього положення спрацьовує реле ИКС-2Н, відключаючи лебідку. Шихта з перекинутого ковша вивантажується в лійку завантажувального пристрою і через 10 секунд лебідка включається на опускання ковша. Одночасно з початком руху ковша униз включається двигун верхнього затвора і доставлена в приймальну лійку завантажувального пристрою шихта прокидається в його нижню частину (шлюз). Схеми управління затворами ідентичні. У момент посадки ковша в крайнє нижнє положення закінчується цикл дозування і завантаження шихти в піч і починається новий. Передбачаються дистанційне управління всіма електроприводами механізмів дозування і завантаження, а також місцеве управління верхнім і нижнім затворами завантажувального пристрою печі і технологічної сигналізації про стан механізмів дозування і завантаження шихти, рівня шихти в печі, а також аварійна сигналізація (світлова і звукова) у наступних випадках:

- при затримці завантаження ковша шихтою;
- при відмові приводу поворотного лотка;
- при ослабленні натягу троса за допомогою реле ИКС-2Н;
- при падінні розрідження у верхній частині печі нижче встановленої границі, що виявляється датчиком ДНТ-12.

При вмиканні аварійної сигналізації оператор натисканням кнопки відключає всю схему управління дозуванням і завантаженням шихти в піч. Після усунення аварійної ситуації подача напруги в схему управління здійснюється шляхом короткочасного відключення щита управління увідним автоматичним вимикачем.

Як показав аналіз літератури, і дотепер найбільш розповсюдженою на вітчизняних цукрових заводах є схема автоматизації, що розроблена Одеським інститутом “Цукропромавтоматика” ще у 1983 році [2, 3].

Цю схему можна вважати типовою для усіх цукрових заводів країн СНД. Саме цю типову схему автоматизації робочих станцій дозування шихти та її завантаження до вапняково-випалювальної печі ми і візьмемо як вихідну для подальшого техніко-економічного обґрунтування дипломного проєкту.

1.2 Аналіз недоліків існуючих систем управління процесом

Функціональна схема автоматизації є основним технічним документом, що визначає структуру і характер автоматизації технологічних процесів і оснащення їх приладами і засобами автоматизації.

На функціональних схемах повинно бути показано:

- спрощене зображення технологічного обладнання, що підлягає автоматизації, а також трубопроводів і регулюючої арматури;
- пристрої, що відбирають, первинні і вторинні вимірювальні прилади і регулятори, виконавчі механізми, регулюючі запірні органи з приводами;
- апаратура управління і сигналізації і взаємні зв'язки між ними.

Типова схема автоматизації вапняково-випалювальної печі, що розроблена Одеським інститутом “Цукропромавтоматика”, наведена на рисунку 1.3 [2].

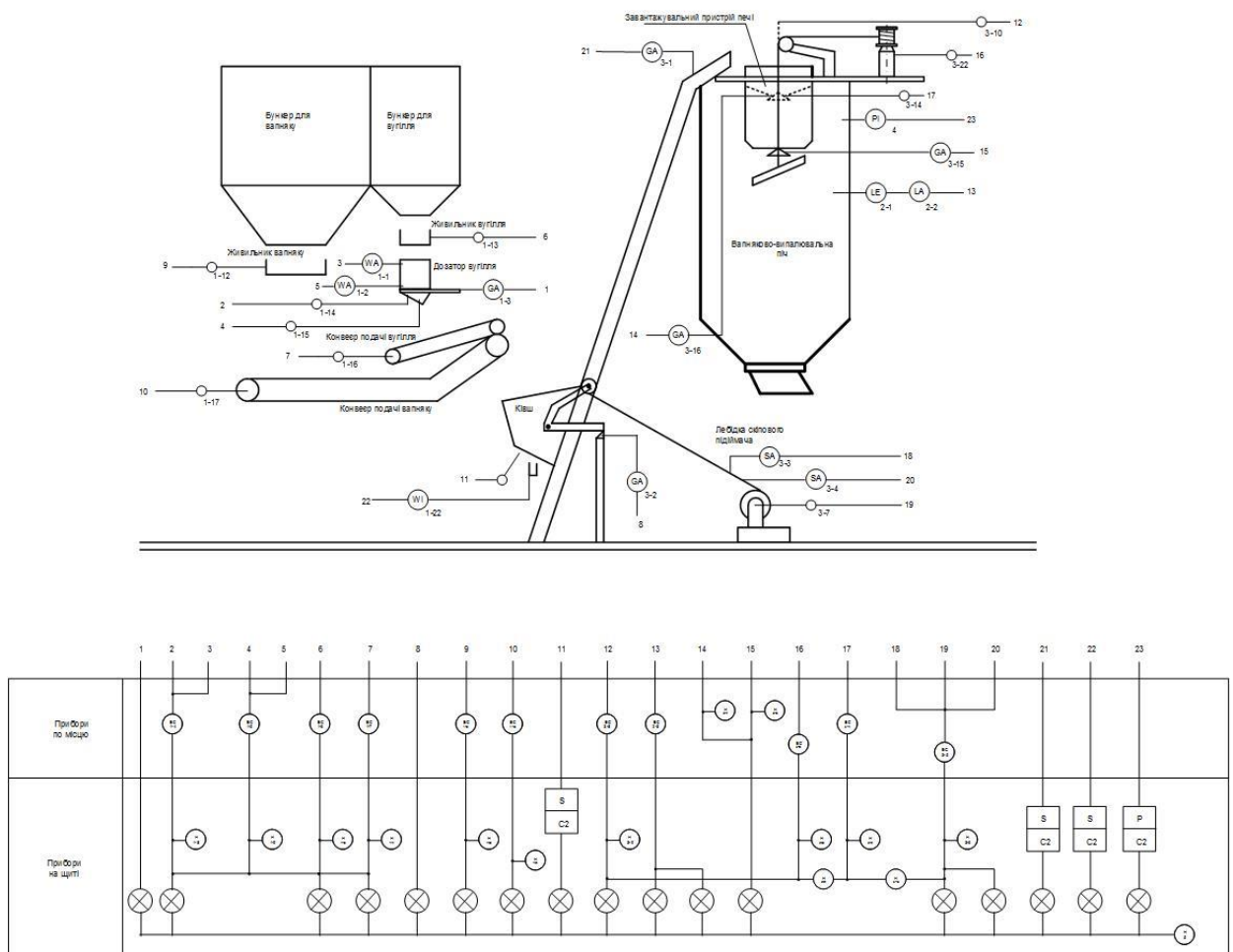


Рисунок 1.3 – Типова функціональна схема автоматизації

Проаналізуємо кожний з контурів регулювання цієї типової схеми автоматизації.

Першим є контур управління завантаженням шихти до ковшу. Його робота пов'язана з роботою інших контурів, а саме, контуру контролю рівня шихти в печі та контуру управління скіповим підіймачем. Дозування вугілля до ковшу скіпового підіймача здійснюються живильником-дозатором типу ПДУ-1М заводу «Цукропроммеханізація» (Україна), що являє собою підоймові ваги (пристрої 1-1, 1-2, 1-3, 1-13, 1-14, 1-15). На одному з плечей коромисла встановлюється бункер на 80 кг вугілля, який відкритий зверху і має керований затвор знизу. На іншому плечі підвішується противага, за допомогою якої встановлюється маса необхідної дози вугілля. Вугілля з бункера подається в дозатор живильником з приводом 1-13, що керується регулюючим пристроєм 1-6. Після набору заданої дози (коромисло стає у рівноважний стан) за допомогою кінцевого вимикача 1-1 подається сигнал на регулятор 1-4, який, в залежності від результатів роботи двох інших контурів, видає або ні команду на електромагніт 1-14. Якщо команда подана, то електромагніт відчиняє затвор дозатора для розвантаження вугілля на конвеєр подачі вугілля до ковшу. При цьому сигнал про готовність дози вугілля дублюється також на входи регулюючих пристроїв 1-5, 1-6 та 1-7. Регулюючий пристрій 1-5 вмикає електромагніт 1-15, який пересуває спеціальну засувку для фіксації затвора дозатора у відкритому стані. Крайні стани засувки контролюється кінцевим перемикачем 1-3, який вмикає/вимикає сигнальну лампочку на щиті управління. Регулюючий пристрій 1-6 зупиняє привод 1-13 живильника і тим самим припиняє подачу вугілля в дозатор. Регулюючий пристрій 1-7 вмикає привод 1-16 конвеєра подачі вугілля до ковшу.

При вивантаженні всієї дози вугілля з дозатора підоймові ваги повертаються у вихідний стан, спрацьовує кінцевий перемикач 1-2, сигнал з якого поступає на регулюючий пристрій 1-5. Сигнал закриття затвору з цього пристрою на електромагніт 1-15 звільняє засувку і затвор закривається під дією противаги. Відповідний сигнал дублюється на регулюючий пристрій 1-7 і 1-6. Перший зупиняє конвеєр подачі вугілля до ковшу, а другий приводить до дії привод 1-13 живильника. Повторюється новий цикл дозування вугілля, а подальше його завантаження в ківш залежатиме від роботи двох інших контурів управління.

Після завантаження ковшу вугіллям виконується завантаження ковшу вапняком. Керуючий пристрій 1-18 вмикає привод живильника 1-12 і вапняк з бункеру починає сипатися на стрічку конвеєра подачі вапняку до ковшу. Одночасно керуючим пристроєм 1-19 вмикається привод конвеєра 1-17. Вапняк поступово завантажується до ковшу, а маса ковшу вимірюється ваговим пристроєм 1-22, опорний елемент якого сприймає вагу ковшу, який лежить на ньому. Трос лебідки при зважуванні послаблений. Це досягається відповідним керуванням приводу 3-7 лебідки з боку керуючого пристрою 3-5 за сигналами датчиків 3-3 та 3-4.

Після досягнення заданої маси ковшу з шихтою зупиняється робота

живильника та конвеєра подачі вапняку.

Кожний з перелічених вище регулюючих пристроїв оснащений засобами ручного управління обладнанням (пристрої 1-8, 1-9, 1-10, 1-11, 1-20, 1-21), які використовуються оператором у аварійних ситуаціях.

Другим контуром є контур контролю рівня шихти в печі. Для контролю рівня шихти в печі використовується радіоізотопний або штанговий рівнемір. В типовій схемі автоматизації використовується, як правило, радіоізотопний рівнемір типу УР-8М (пристрої 2-1 і 2-2). Цей рівнемір призначений для безупинного автоматичного дистанційного виміру і реєстрації рівня сипучих матеріалів у закритих або відкритих резервуарах з формуванням відповідного уніфікованого сигналу. Рівнемір має звичайне (УР-8М «Н») і вибухозахищене (УР-8М «У») виконання. У варіанті УР-8М «У» електромеханічний блок має спеціальну систему вибухозахисту, що підтримує усередині блока надлишковий тиск азоту 0,02 МПа стосовно атмосферного. Блок можна встановлювати у вибухонебезпечних зонах приміщень усіх класів і зовнішніх установках, у яких за умовами роботи можливе утворення вибухонебезпечних сумішей газів або парів із повітрям з температурою запалення 135 °С. Інші блоки рівнеміра встановлюються поза вибухонебезпечним приміщенням. У рівнемірі, що має звичайне виконання, усі блоки повинні встановлюватися поза вибухонебезпечним приміщенням. У рівнемірі застосоване джерело гамма-випромінювання цезій 137. Основні конструктивні вузли рівнеміра: електромеханічний блок із блоком детектування і джерелом випромінювання, блок управління, вторинний прилад. Електромеханічний блок має виконання по захищеності від вібрації звичайне, а по захищеності від впливу зовнішнього середовища герметичне. Діапазон виміру рівня: 0-2; 0-4; 0-6; 0-8; 0-10 м. Основна похибка вимірювання не більше ніж ± 10 мм. Швидкість спостереження за зміною рівня не менше 300 мм/хв. Максимальний тиск, що змінюється, 25 МПа. Діапазон зміни вихідного сигналу повітря 0,02-0,1 МПа; тиск повітря для живлення пневматичного пристрою автоматичного потенціометра 0,14 МПа. Підключається рівнемір до змінного струму напругою 220 В частотою 50 Гц. Споживна потужність 60 В-А. Довжина кабелів, що з'єднують блоки управління та електромеханічний блок, не більше ніж 300 м. Маса блоків: електромеханічного 45 кг, управління 29 кг.

Рівнемір вимірює (пристрій 2-1) та контролює певний рівень шихти в печі (пристрій 2-2) і у разі його зниження видає сигнал на керуючий пристрій 2-3, який вмикає відповідні сигнальні лампи на щиті, а також передає сигнал до контуру управління завантаженням шихти до ковшу.

Третім контуром є контур управління скіповим підіймачем. Крайні положення ковша скіпового підіймача контролюються двома кінцевими перемикачами: верхнє – перемикачем 3-1, нижнє – перемикачем 3-2. Якщо ківш знаходиться в нижньому положенні і отриманий сигнал від контуру управління дозуванням про готовність дози шихти, то керуючим пристроєм

3-5 включаються привод 3-7 лебідки для підйому ковша нагору. Одночасно керуючим пристроєм 3-8 вмикається двигун 3-10 електрогідравлічного приводу нижнього затвора завантажувального пристрою печі. Після закінчення 4-8 секунд, необхідних для висипання шихти попереднього циклу завантаження по поворотному лотку зі шлюзу завантажувального пристрою в шахту печі, двигун 3-10 відключається, а затвор під дією протитяги закривається. Таким чином, завантаження дози шихти в піч відбувається при закритому верхньому затворі, що не порушує герметичності печі.

У момент досягнення ковшем крайнього верхнього положення спрацьовує кінцевий перемикач 3-1, відключаючи привод лебідки. Шихта з перекинутого ковша вивантажується в лійку завантажувального пристрою і через 10 секунд лебідка включається на опускання ковша. Одночасно з початком руху ковша униз керуючим пристроєм 3-11 включається двигун 3-14 верхнього затвора і доставлена в приймальну лійку завантажувального пристрою шихта прокидається в його нижню частину (шлюз).

Крайні положення затворів контролюються кінцевими перемикачами 3-15 і 3-16, які вмикають/вимикають відповідні сигнальні лампочки на щиті. В аварійних ситуаціях передбачені засоби ручного управління затворами 3-17 і 3-18.

Після опускання ковша у крайнє нижнє положення керуючим пристроєм 3-19 вмикається привод 3-22 приводу поворотного лотка завантажувального пристрою печі. Після витримки певного інтервалу часу привод відключається. Лоток знаходиться в новому положенні для засипання наступної дози шихти в піч.

Четвертим контуром системи є контур вимірювання розрідження в верхній частині печі. Вимірювання здійснюється датчиком типу ДНТ-12 (пристрій 4), а результат передається до вторинного пристрою на щиті.

В системі передбачена аварійна сигналізація (світлова і звукова) у наступних випадках:

- при затримці завантаження ковша шихтою;
- при відмові приводу поворотного лотка;
- при ослабленні натягу троса лебідки;
- при падінні розрідження у верхній частині печі нижче встановленої границі.

При вмиканні аварійної сигналізації оператор натисканням кнопки відключає всю схему управління дозуванням і завантаженням шихти в піч. Після усунення аварійної ситуації подача напруги в схему управління здійснюється шляхом короткочасного відключення щита управління увідним автоматичним вимикачем.

Проведений детальний аналіз контурів управління і регулювання типової схеми автоматизації дозволяє виявити її основні недоліки:

- застарілість засобів автоматизації;
- низька надійність застосованих приладів;

- великі похибки вимірювання параметрів на місці (на технологічному обладнанні) та передавання цієї інформації на щит оператора (на відстань до 400 – 500 м);
- слабка гнучкість системи управління, складність налагоджування та переналагоджування системи;
- неефективність засобів відображення результатів контролю та управління, слабе інформаційне забезпечення оператора, невідповідність сучасним ергономічним вимогам;
- відсутність засобів автоматичного документування інформації;
- неможливість інтегрування в сучасні комп'ютерні системи управління виробництвом (відсутність інформаційної взаємодії з верхнім рівнем управління).

Виходячи саме з цих недоліків, з початку 90-х років минулого сторіччя стали розроблятися та активно впроваджуватися на цукрових заводах країн СНД більш ефективні мікропроцесорні та комп'ютеризовані системи управління. На даний момент їх кількість і якість значно зросли [8-15]. Загальна конфігурація цих систем, як правило, дворівнева. Внутрішній устрій систем відрізняється лише типами застосованих апаратних засобів автоматизації, а також їх системним, інструментальним та прикладним програмним забезпеченням.

Український системний інтегратор фірми “Шнейдер Електрик” - фірма "Техінсервіс ЛТД" (м. Київ) займається реконструкцією вапняково-випалювального відділення цукрового заводу, включаючи в комплект поставки системи керування (СК) з різними функціональними можливостями, від простого дистанційного керування механізмами до повністю автоматизованої СУ.

Силами цього підприємства виконана реконструкція вапняково-випалювального відділення на Жабинковському цукровому заводі (республіка Білорусь) [15].

Система управління умовно підрозділяється на наступні підсистеми:

- управління підготовкою й завантаженням шихти в піч ИПШ-100;
- управління підготовкою й завантаженням шихти в піч Ш-80;
- управління вивантаженням печей і виробництвом вапняного молока;
- управління газовим відділенням.

Система управління побудована за типовою схемою автоматизації, але реалізація цієї схеми здійснена на сучасному рівні – у вигляді програмно-технічного комплексу. Він складається із трьох керуючих контролерів середньої потужності Momentum (Schneider Electric), трьох операторських графічних панелей (ОП) Magelis (Schneider Electric) і робочих станцій (РС) на базі Monitor Pro (Schneider Electric). Застосовано розподілену структуру СУ - контролери зв'язані між собою мережею Modbus Plus.

Управління обертами приводів дозаторів вугілля й лебідок обох

печей, вивантажувального столу ИПШ-100, насосів молока, а також газового насоса здійснюється частотними перетворювачем Altivar ATV-58 (Schneider Electric). Частотні перетворювачі також об'єднані мережею Modbus Plus. Це дозволяє повністю контролювати роботу частотних перетворювачів і двигунів, не допускати їхніх перевантажень і перегрівів.

Операторські панелі розташовані в щитах управління безпосередньо біля технологічного обладнання (піч Ш-80, піч ИПШ-100, газове відділення) і дозволяють вести спостереження за ходом технологічного процесу.

У центральному диспетчерському пульті (ЦДП) встановлена робоча станція. Вона дає можливість проводити моніторинг і управління технологічним процесом, архівацію даних з передачею необхідної інформації з мережі Ethernet на комп'ютери головного інженера, головного технолога й старшого майстра вапняно-газового відділення.

Крім того, замінене застаріле технологічне обладнання вапняково-випалювального відділення (бункери, дозатори, підйомники і т.д.).

При всіх перевагах розглянутої СУ вона має і суттєві недоліки, головним з яких є їх дорожнеча. Це пояснюється тим, що:

- в процесі розробки програмного забезпечення технологічних операторських станцій використовувалась дорога SCADA-система Monitor Pro (Schneider Electric), а для програмування та промислових контролерів - дорога інструментальна система CoDeSys (Німеччина);

- система управління пристосована тільки для конкретного підприємства, а її супроводження здійснюється не персоналом цього підприємства, а організацією-розробником, що різко здорожує супроводження системи в процесі її експлуатації;

- організація-розробник для реалізації процедур управління та регулювання в системі використала дорогі промислові контролери Momentum (Schneider Electric) та вимірювальні пристрої відомих світових виробників, що також призвело до збільшення вартості супроводження системи для підприємства, де встановлена система (ремонт та заміна обладнання на нове і тільки такого ж типу виконується з залученням співробітників і ресурсів організації-розробника).

Крім того, система не є відкритою у повному розумінні цього поняття, тобто такою, що легко нарощуються власними силами підприємства, де вона встановлена і експлуатується, шляхом інтегрування до неї додаткових засобів автоматизації сторонніх виробників (у разі модернізації або розширення виробництва).

Тому будь-яка модернізація системи на підприємстві знову неможлива без залучення організації-розробника, що знову веде до збільшення витрат підприємства у порівнянні з тим, що воно могло б робити модернізацію власними силами.

Виходячи з усіх перелічених недоліків існуючих систем, можна сформулювати напрямки подальшого проєктування нової системи управління

технологічним процесом виробництва вапнякового молока на операціях дозування та завантаження печі, яка б не мала всіх, або більшої частки, цих недоліків. На основі цих напрямків можна буде розробити детальне технічне завдання на дипломне проєктування, в якому вказати способи усунення недоліків існуючих систем управління, умови експлуатації нової системи управління, терміни виконання та захисту дипломного проєкту в цілому.

1.3 Формування напрямків проєктування та розробка технічного завдання

Перш за все визначаємо, що нова автоматизована система управління (АСУ) технологічним процесом виробництва вапнякового молока на операціях дозування та завантаження печі буде теж комп'ютеризованою системою управління (КСУ), але більш дешевою ніж існуючі аналоги. В першу чергу, це буде досягнуто завдяки використанню більш дешевого автоматизованого середовища проєктування цієї системи (інструментальні засоби розробки), що не вимагатиме залучення праці висококваліфікованих програмістів. Крім того, автоматизоване проєктування різко скоротить терміни розробки системи, що теж сприятиме її здешевленню.

Застосування в системі вискоєфективних, але не дуже дорогих, програмно-апаратних засобів автоматизації виробництва фірм Південної Кореї, Тайваню і т.д., не тільки знизить вартість системи, але і дозволить зменшити вартість та витрати часу на її ремонт, підвищить надійність системи в цілому та окремих її складових частин, покращить якість управління процесом завдяки більш ефективному аналізу інформації з технологічних датчиків.

Крім того, застосування сучасних датчиків та цифрових алгоритмів обробки їх сигналів дозволить різко підвищити точність управління технологічним процесом. Нова АСУТП повинна бути відкритою системою, що дозволить у разі зміни параметрів технологічного процесу або алгоритмів управління ним спростити процес нарощування чи переналагоджування системи, так як її складові будуть взаємодіяти за стандартними уніфікованими сигналами та стандартами.

Нова АСУТП повинна мати високу якість інформативного забезпечення оператора, бо вона спроможна буде на декількох екранах відображати результати вимірювання всіх параметрів технологічного процесу у відповідності з сучасними ергономічними вимогам. Крім того, нова АСУТП повинна дозволити повністю автоматизувати документування результатів роботи системи управління, а також генерування різноманітних звітів для верхнього рівня управління підприємством.

Для підвищення ефективності роботи цукрового заводу в цілому інтегруємо нову АСУТП з загальною АСУ виробництвом цього

підприємства, що є новітньою тенденцією в області промислової автоматизації.

Перед проєктуванням такої АСУТП необхідно розробити технічне завдання на дипломне проєктування, в якому визначити способи реалізації описаних напрямків проєктування.

По-перше, для підвищення швидкодії системи управління потрібно замінити застарілі елементи з високою інерцією на сучасні мікропроцесорні елементи з високою швидкістю обробки та передачі даних. Сучасна елементна база дозволяє модульну організацію побудови системи, що не вимагатиме високих затрат на ремонт устаткування. При виході з ладу елемента системи проблема усувається простою заміною не працюючого модуля на новий, що не вимагатиме великих зусиль та високої кваліфікації персоналу.

Для того, щоб забезпечити високу інформаційну здатність системи управління в операторській потрібно розмістити монітори спостереження за технологічним процесом у вигляді мнемонічної схеми з параметрами регулювання, а на додаткових екранах розмістити таблиці із поточними значеннями контрольованих параметрів. При подвійному «кліку» по потрібному рядку таблиці додаткова інформація по параметру повинна з'являтися на екрані. Крім того, слід забезпечити швидке і ефективне сповіщення оператора про будь-які аварійні події в технологічному процесі, наприклад, коли вимірювані технологічні параметри перевищують допустимі значення.

Розроблювана система повинна дозволяти передавати інформацію по локальній мережі, що дозволить ефективно захищати інформацію від завад, що притаманні будь-якому промислому виробництву. Також при необхідності можливо застосовувати модуляцію та кодування інформації.

Технічне завдання у вигляді окремого документу наводиться в додатку А. Основна ідея проєктування автоматизованої системи управління технологічним процесом полягає в тім, що технологічне обладнання залишається тим же самим, що і в типовій схемі автоматизації, а замінюються лише вимірювальні та керуючі засоби автоматизації, причому останні реалізуються на основі сучасних програмно-апаратних засобів. Тобто мова йде про корінну модернізацію існуючої АСУТП з метою здешевлення кінцевого результату, а також про створення сучасної автоматизованої системи управління виробництвом (АСУВ) цукрового заводу, з якою модернізована АСУТП має бути ефективно інтегрованою.

2 Концептуальне проєктування інтеграції АСУТП з АСУВ цукрового заводу

2.1 Вимоги діючих стандартів до проєктування АСУВ

Концепція комп'ютерно-інтегрованого виробництва «СІМ» (Computer Integrated Manufacturing) була сформована наприкінці ХХ століття, тоді ж були розроблені перші міжнародні стандарти у цій області [16-18]. Ці стандарти надають конкретні рекомендації як щодо організації самого комп'ютерно-інтегрованого виробництва (неперервного, дискретного, періодичного), так і щодо побудови відповідних інтегрованих систем управління (ІСУ) цим виробництвом.

Так, в [16] визначена загальна ієрархічна структура ІСУ промисловим підприємством, яка має такі складові частини (горизонтальні рівні управління) – АСУП або ERP система (рівень управління бізнес процесами), АСУВ або MES/MOM система (рівень управління виробництвом), АСУТП або SCADA система (рівень управління окремими технологічними процесами та виробничими об'єктами).

В такій ІСУ на рівні управління бізнес процесами (АСУП або ERP система) мають виконуватися об'ємне стратегічне й оперативне (місячне) планування, бюджетування, фінансування, логістика та взаємодія з постачальниками й споживачами продукції. На рівні управління виробництвом (АСУВ або MES/MOM система) мають виконуватися контроль, облік, календарне планування й оперативне управління виробництвом і всіма його обслуговуючими службами. На рівні управління окремими технологічними процесами та виробничими об'єктами (АСУТП або SCADA системи) мають виконуватися контроль, облік і оперативне управління виробничими переділами – технологічними агрегатами, транспортними лініями, сховищами (складами, силосами, газгольдерами, парками резервуарів), ділянками компаундування напівфабрикатів, секціями прийому сировинних компонентів і відпуску готової продукції.

Розглянемо більш детально вимоги діючих стандартів щодо побудови ІСУ на рівні управління виробництвом, що є темою даного дипломного проєкту. Так, спеціальна міжнародна асоціація виробників систем управління виробництвом «MESA» зафіксувала в 1994 році типові функції систем рівня АСУВ/MES для підприємств всіх галузей промисловості дискретного, періодичного й безперервного типів [19]. Ця стандартна функціональна структура показана на рисунку 2.1. Ця структура містить такі функції:

- 1). Контроль стану й розподілу виробничих ресурсів (англ. Resource Allocation and Status, RAS). Поточний аналіз наявних різних виробничих ресурсів, виявлення відсутніх і зайвих ресурсів, які можуть змінити оперативні виробничі плани. Дані вводяться зі складів і з виробничих ділянок.

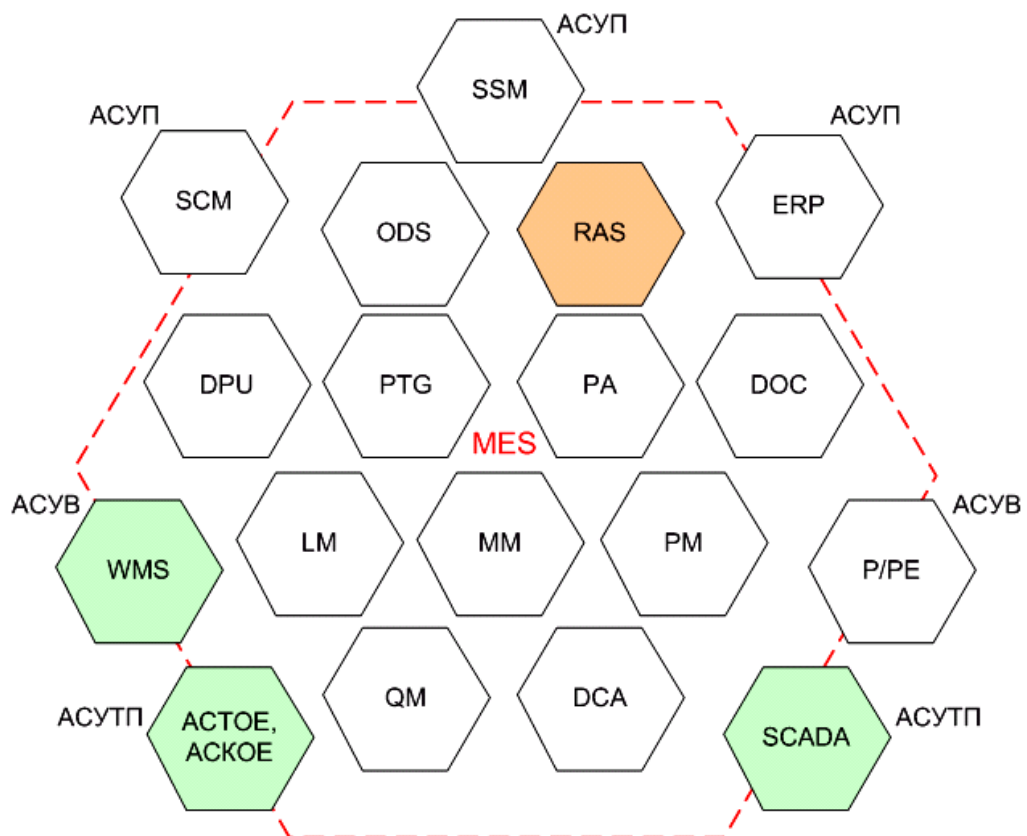


Рисунок 2.1 – Стандартна функціональна структура ІСУ на рівні АСУВ/МЕС

2). Оперативне (календарне) планування (детальний розклад) всіх виробничих процесів (англ. Operations/Detail Scheduling, ODS). Складання детального графіка роботи всього встаткування на поточний календарний інтервал, спостереження за його виконанням, необхідне коректування. Використовуються дані планового відділу, виробничі дані, дані складського обліку.

3). Диспетчеризація виробництва (англ. Dispatching Production Units, DPU). Забезпечення поточного контролю за ходом всіх виробничих процесів, за різними порушеннями в протіканні процесів і вироблення рекомендацій з їхнього усунення.

4). Управління документацією (англ. Document Control, DOC). Введення, зберігання й видача документів планового й звітних типів, конструкторського й технологічного змісту, повідомлень про технічні зміни й т.д. Формування загальних оперативних зведень про хід виробництва, необхідних для прийняття рішень у фінансово-господарських підрозділах підприємства.

5). Збір інформації про хід виробництва й зберігання даних (англ. Data Collection/Acquisition, DCA). Інформаційна взаємодія різних виробничих

систем для одержання, нагромадження, передачі всіх даних, що циркулюють у виробничому середовищі підприємства.

6). Управління персоналом у режимі реального часу (англ. Labor Management, LM). Узгодження графіка роботи виробництва з розподілом робочої сили.

7). Аналіз і управління якістю продукції (англ. Quality Management, QM). Збір інформації про якість сировини, напівфабрикатів, готової продукції й виявлення відхилень якості від заданих норм, які вимагають втручання керуючого персоналу.

8). Управління виробничими процесами і їхнім коректуванням (англ. Process Management, PM). Відстеження ходу виробничих процесів і їхніх режимів, виявлення відхилень і видача рекомендацій для їхньої компенсації.

9). Управління ремонтами встаткування (англ. Maintenance Management, MM). Моніторинг технічного стану встаткування, планування й оперативне управління ремонтами, контроль проведення робіт з обслуговування й по ремонтах.

10). Спостереження за місцем і часом виконання робіт з кожного виробу (англ. Product Tracking and Genealogy, PTG). Забезпечення керівництва підприємства всіма оперативними даними про хід виробничих процесів.

11). Аналіз продуктивності – порівняння планової й фактичної продуктивності (англ. Performance Analysis, PA). Формування звітів про продуктивність окремих ділянок виробництва, цехів, виробництва в цілому за різні інтервали часу. Зіставлення їх із плановими показниками, з попередніми результатами й вироблення рекомендацій.

В 2004-ом році із цього складу типових функцій MESA виключила три функції:

- «Оперативне планування», через наявність на ринку окремого класу систем досконалого планування - APS (Advanced Planning & Scheduling);

- «Управління документацією», через появу окремого класу систем електронного документообігу Docflow;

- «Управління ремонтами встаткування», через широке поширення окремого класу систем управління основними фондами підприємства - EAM (Enterprise Asset Management).

Комітет з розробки стандартів інтеграції керуючої й технологічної інформації міжнародної організації по стандартизації - ISA в 2000 р. випустив спеціальний стандарт - ISA-95 "Enterprise Control System Integration", що визначає основні положення розробки MES для будь-яких виробництв і підприємств всіх галузей промисловості [20]. Стандарт складається з п'яти частин, у яких формулюється термінологія, варіанти використовуваних моделей, їхніх характеристик, взаємозв'язків виробничих процесів з бізнес процесами. Головні розглянуті в стандарті області: виробнича діяльність, технічне обслуговування, підтримка якості й операції

із запасами. Стандарт визначає форми опису:

- виробництва, устаткування, матеріалів, персоналу;
- інформації про виробничі процеси, продукти, графіки роботи, параметри устаткування;
- функцій управління виробництвом, обслуговування встаткування, обліку запасів, оцінки якості продукції.

Стандарт також фіксує структури повідомлень між різними інформаційними системами підприємств (між автоматизованими функціями) та типові зв'язки між двома рівнями ІСУ – рівнем «АСУВ/MES системи» і рівнем «АСУП/ERP системи».

Таким чином, стандартний функціонал ІСУ на рівні «АСУВ/MES системи» повинен містити автоматизацію функцій контролю, обліку, календарного планування й оперативного управління виробництвом, які виходять за рамки окремих виробничих об'єктів і охоплюють все виробниче середовище або його досить самостійні окремі виробничі служби. З урахуванням цього весь функціонал даного рівня ІСУ можна розділити на дві такі досить самостійні частини:

- базовий компонент, що є фундаментом для виконання будь-яких завдань управління виробництвом і без якого не може функціонувати будь-який інший компонент даного рівня ІСУ. Таким базовим компонентом є інформаційна платформа, тобто, система контролю й обліку роботи виробництва і його окремих служб, яка виконує функції збору даних про поточний стан виробництва; їх математичної й логічної обробки й розрахунку необхідних для управління матеріальних, енергетичних, якісних, екологічних показників; зберігання й документування даних і показників; оперативного зв'язку з персоналом підприємства, зі спеціалізованими компонентами даного рівня ІСУ, з АСУП/ERP системою і її бізнес процесами;

- спеціалізовані компоненти автоматизації різних служб виробництва, що опираються у своїй роботі на базовий компонент і автоматизують задачі контролю, обліку й управління, що реалізовані в різних виробничих службах. Спеціалізованими компонентами є системи автоматизації, що виконують функції зведення матеріального балансу по виробництву, календарного планування й оперативного управління виробництвом. До них належать також системи, що автоматизують роботу основних підрозділів виробництва: ремонтних служб виробничого встаткування різних класів і типів, виробничих лабораторій, служб електроенергетики і теплоенергетики.

Світова практика впровадження систем рівня «АСУВ/MES» дозволяє виділити такі основні особливості їх побудови:

- процес проектування й впровадження всіх окремих компонентів, що входять у комплекс під назвою «АСУВ/MES», при умовах достатнього й безперервного фінансування робіт і послідовного впровадження окремих

компонентів є досить витратним і тривалим у часі (не менше 3-5-ти років);

- окремі компоненти комплексу «АСУВ/MES» можуть розроблятися (і в переважній більшості випадків розробляються) різними організаціями на базі програмних і технічних засобів різних виробників, але з передбачуваною відкритістю використовуваних засобів автоматизації для досить вільної їх взаємодії один з одним;

- підприємства-замовники комплексу «АСУВ/MES», у переважній більшості, досить слабо представляють сучасні можливості автоматизації виробництва і його служб і не можуть самі скласти необхідні, досить повні й конкретні вимоги на компоненти даного комплексу і, відповідно, не можуть оцінити якість їхньої побудови.

Тепер на основі проведених вище аналізів вимог діючих стандартів до побудови ІСУ на рівні «АСУВ/MES» можна розробити її концептуальне рішення (концепцію), яка означить загальне бачення проекту такої системи.

2.2 Обґрунтування загальної архітектури ІСУ цукрового заводу

Враховуючи рекомендації діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва ІСУ цукрового заводу доцільно будувати за ієрархічним принципом, згідно з яким вона повинна включати два обов'язкових рівня управління – «АСУТП/SCADA система» та «АСУВ/MES система», які за допомогою інформаційних потоків об'єднуються у єдину цілісну систему. Світовий досвід застосування такого концептуального рішення ІСУ показує, що воно зазвичай дає такі якісні результати:

- підвищення продуктивності виробничого процесу;
- стабілізація якості готової продукції виробництва;
- значне скорочення енерговитрати на виробництво;
- зниження витрати на обслуговування й ремонт устаткування;
- збільшення економічної ефективності виробництва;
- підвищення культури управління виробництвом.

Саме тому цю концепцію ми і застосуємо при побудові цієї ІСУ.

Вище було також відмічено, що рівень управління «АСУВ/MES система» в такій ІСУ доцільно поділяти на дві досить самостійні частини:

- базовий компонент у вигляді інформаційної платформи;
- спеціалізовані компоненти автоматизації різних служб виробництва.

По своїй суті інформаційна платформа рівня «АСУВ/MES система» являє собою систему контролю й обліку роботи виробництва, саме тому її ще йменують як «Manufacturing Information System» (MIS), тобто інформаційна виробнича система [20, 21]. В її функції входять збір, обробка, зберігання й видача користувачам оперативної, ретроспективної й нормативної інформації

про різні аспекти роботи окремих переділів виробництва й про поточний стан виробництва. У цій системі також виконується збереження інформаційної моделі виробництва та узагальнюються усі дані про хід виробництва. Завдяки наявності цієї системи значно спрощується реалізація взаємозв'язків різних користувачів з будь-якою виробничою інформацією, виключається як будь-яке дублювання даних в окремих системах автоматизації виробництва, так і необхідність складного пошуку інформації про хід виробництва в ряді систем і засобів автоматизації окремих переділів виробництва.

Функціональний склад інформаційної платформи для рівня «АСУВ/MES система» можна розділити на такі групи: збір вихідних даних, їх математична й логічна обробка, видача оброблених даних і розрахованих показників для різних груп користувачів, довгострокове зберігання інформації про роботу виробництва.

Розглянемо детальніше існуючі рекомендації щодо реалізації в інформаційній платформі групи функцій «Збір вихідних даних». В [21] зазначається, що надходження цих даних до інформаційної платформи може здійснюватися як автоматично через реалізацію інформаційних зв'язків із системами й засобами автоматизації нижнього рівня управління (наприклад окремих технологічних процесів чи виробничих об'єктів, ділянок, служб), так і вручну через спеціальні комп'ютерні термінали, що установлені на робочих місцях оперативного персоналу (наприклад операторів технологічних процесів). При автоматичному збиранні даних відповідний інформаційний зв'язок може встановлюватися або з окремим локальним сервером конкретної системи нижнього рівня управління, або безпосередньо з програмою класу «АСУТП/SCADA», що виконується на робочій станції (комп'ютері) оперативного персоналу такої системи.

Крім того, для забезпечення надійної роботи інформаційної платформи (інформаційної виробничої системи), зменшення сторонніх перешкод, обмеження навантажень на її мережу й сервер, а також для спрощення її обслуговування, доцільно дотримуватися визначених правил при її реалізації в ІСУ [21]. Ці правила можна конкретизувати у вигляді таких практичних рекомендацій:

- інформаційна платформа (інформаційна виробнича система) повинна замикатися лише на одному ієрархічному рівні управління - рівні управління виробництвом «АСУВ/MES»; це означає, що вона не повинна поєднуватися за технічною структурою й функціональним складом ні з будь-якою системою нижнього рівня (наприклад з АСУТП/SCADA системою), ні з будь-якою системою верхнього рівня (наприклад з АСУП/ERP системою);

- інформаційна платформа (інформаційна виробнича система) повинна збирати, виробляти й видавати необхідну інформацію для керівництва підприємства, виробничих служб чи бізнес відділів, але вона не повинна заміняти ці спеціалізовані системи автоматизації і зливатися з ними; це означає, що вона повинна тільки здійснювати взаємний обмін необхідною

інформацією зі спеціалізованими системами автоматизації верхніх рівнів.

Враховуючи усі наведені вище рекомендації щодо побудови та реалізації ІСУ підприємства, можна запропонувати відповідну раціональну загальну архітектуру ІСУ цукрового заводу, яка показана на рисунку 2.2.

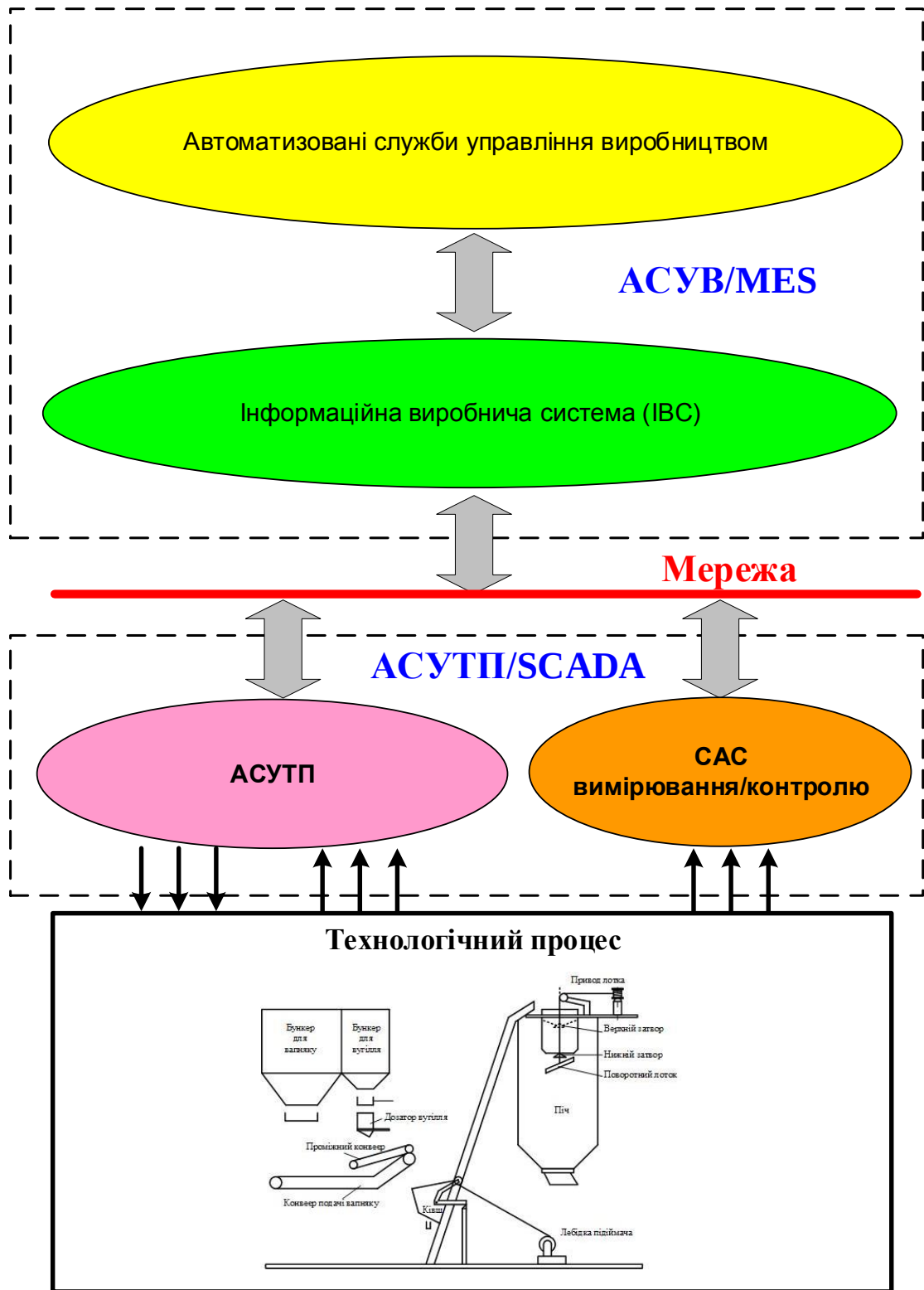


Рисунок 2.2 – Загальна архітектура ІСУ цукрового заводу

Як видно з рисунку, ІСУ цукрового заводу складається з двох ієрархічних рівнів управління:

- «АСУТП/SCADA» (автоматизовані системи управління, вимірювання та контролю технічних/технологічних процесів);
- «АСУВ/MES» (автоматизована система управління виробничим процесом).

Нижній рівень системи утворюється двома автоматизованими системами:

- АСУТП виробництва вапнякового молока;
- спеціалізованою автоматизованою системою (САС) вимірювання/контролю додаткових технологічних параметрів.

Верхній рівень системи утворюється також двома автоматизованими системами:

- інформаційною виробничою системою (ІВС);
- системою автоматизованих служб управління виробництвом.

Перша система служить інформаційною платформою для реалізації функцій другої автоматизованої системи.

АСУТП здійснює усі функції щодо управління технологічним процесом в режимі реального часу, наприклад, збирає та зберігає відповідні цифрові дані про поточний стан та хід технологічного процесу. Усі ці дані повинні зберігатися на локальному сервері даної системи, а частина з них через цифрову мережу підприємства повинна передаватися до глобального сервера ІВС.

До цього ж сервера через ту ж саму мережу підприємства передаються і усі додаткові цифрові дані про стан та хід технологічного процесу, які збирає САС вимірювання/контролю.

Введення САС до складу ІСУ пояснюється тим, що для реалізації тих чи інших управлінських функцій відповідними виробничими службами, як правило, недостатньо лише тих даних про ТП, які надає АСУТП.

В ІВС здійснюється збирання, збереження та оброблення тих цифрових даних про стан та хід виробничого процесу, які потрібні для автоматизованих служб управління виробництвом.

Передавання цифрових даних з глобального сервера ІВС до автоматизованих служб має здійснюватися або через загальну мережу підприємства, або, у окремих випадках, через інші канали передавання даних, наприклад, стільниковий зв'язок.

Підводячи підсумок розгляду даної архітектури, можна зазначити, що в ній враховані усі наведені вище рекомендації щодо її раціональної будови, наприклад, інформаційно-виробнича система (ІВС) спроектованої ІСУ цукрового заводу не поєднується за своєю технічною структурою й функціональним складом з будь-якою автоматизованою системою нижнього рівня управління (АСУТП або САС). Це підвищує загальну надійність системи щодо виконання покладених на неї функцій управління.

2.3 Функціональна структура ІСУ цукрового заводу

Сформуємо тепер функціональні вимоги до такої складової частини архітектури ІСУ цукрового заводу як «САС вимірювання/контролю». Як було зазначено вище, ця спеціалізована автоматизована система нижнього рівня призначена для збирання даних про додаткові параметри ТП виробництва вапнякового молока, які потрібні для ефективного виконання автоматизованих функцій системою рівня «АСУВ/MES». Тому вимоги до даної складової частини можна означити лише тоді, коли будуть означені вимоги до системи рівня «АСУВ/MES», що за нашим проєктом буде входити до складу ІСУ цукрового заводу.

Цукрове виробництво відноситься до неперервного або технологічного типу [22]. Тому функції автоматизованих служб управління ним мають певну специфіку реалізації у порівнянні з обов'язковими управлінськими функціями, що описані, наприклад, в стандарті «MESA-11» [19]. Тобто на конкретному підприємстві вказані обов'язкові стандартні функції зазвичай розподіляються між тими виробничими службами, які вже існують в організаційній структурі даного підприємства. Наприклад, стандартна функція «Контроль стану й розподілу виробничих ресурсів» на реальному підприємстві може бути розподілена між декількома такими автоматизованими службами як виробнича, технологічна, економічна, головного механіка, головного енергетика та іншими.

Розглянемо типову автоматизовану службу «Контрольно-вимірювальні прилади та автоматика» (КВПіА) цукрового заводу [21], яка, як правило, має в своєму складі окремий підрозділ «Обслуговування й ремонт технічних і програмних засобів автоматизації».

Ця автоматизована служба:

- веде електронні паспорти усіх засобів автоматизації, встановлених на підприємстві;
- проводить моніторинг поточного стану цих засобів автоматизації;
- контролює якість роботи систем управління та регулювання технологічних/технічних процесів основного виробництва;
- автоматизує складання планів і графіків метрологічної перевірки й калібрування датчиків і вимірювальних приладів, задіяних у системах управління/регулювання;
- автоматизує складання планів і графіків профілактичного обслуговування та ремонту засобів автоматизації.

Таким чином, автоматизована служба «КВПіА» цукрового заводу для виконання своїх функцій потребує від інформаційної платформи, в першу чергу, постачання оперативних даних про поточний стан і якість роботи відповідних засобів автоматизації. У свою чергу інформаційна платформа може збирати ці дані з різних автоматизованих систем нижнього рівня, а саме, з АСУТП, з систем автоматизації окремих переділів виробництва та зі

спеціалізованих автоматизованих систем (САС) вимірювання/контролю, в яких автоматично фіксується:

- неточна робота й несправність окремих технічних засобів: датчиків, виконавчих механізмів, регулювальних органів, контролерів, мереж зв'язку й т.д. на всіх технологічних агрегатах, у складах, на транспортних лініях переміщень матеріальних потоків;

- збої й помилки в роботі програмного забезпечення систем автоматизації, що діють на різних ділянках виробництва;

- неякісна робота окремих систем регулювання: нестійке поводження, більша погрішність стабілізації заданого режиму, неможливість нормального регулювання через наявні обмеження зміни регулюючого впливу;

- відключення окремих систем регулювання й загальний час їхньої роботи за останні зміну, добу.

Для ведення електронних паспортів кожного засобу автоматизації та фіксації його поточного стану в рамках автоматизованої служби «КПВіА» ІСУ підприємства зазвичай реалізується окрема автоматизована функція (підсистема) – «Enterprise Asset Management» (EAM) [23, 24], яка може здійснювати облік та моніторинг поточного стану не тільки засобів автоматизації, але і будь-яких інших активів (фондів) підприємства протягом їх життєвого циклу.

У свою чергу, для автоматизованого складання планів і графіків профілактичного обслуговування та ремонту засобів автоматизації в рамках автоматизованої служби «КПВіА» ІСУ підприємства зазвичай реалізується така функція як «Maintenance Management» (MM), яка означена в стандарті «MESA-11» [19]. Наприклад, в інструментальній системі «T-Factory» (ADASTRA) така функція в автоматизованому режимі забезпечує [25]:

- здійснювати планування робіт для позапланового технічного обслуговування і ремонту (TOiP);

- здійснювати періодичне планування (Preventive Maintenance) робіт з TOiP, ураховуючи або дату попереднього TOiP, або встановлену величину наробітку обладнання;

- здійснювати планування TOiP за розкладом (Scheduled/ Time-Based Maintenance), використовуючи "дерево" вкладених друг у друга періодів: щорічно, щомісяця, щотижня, щодня;

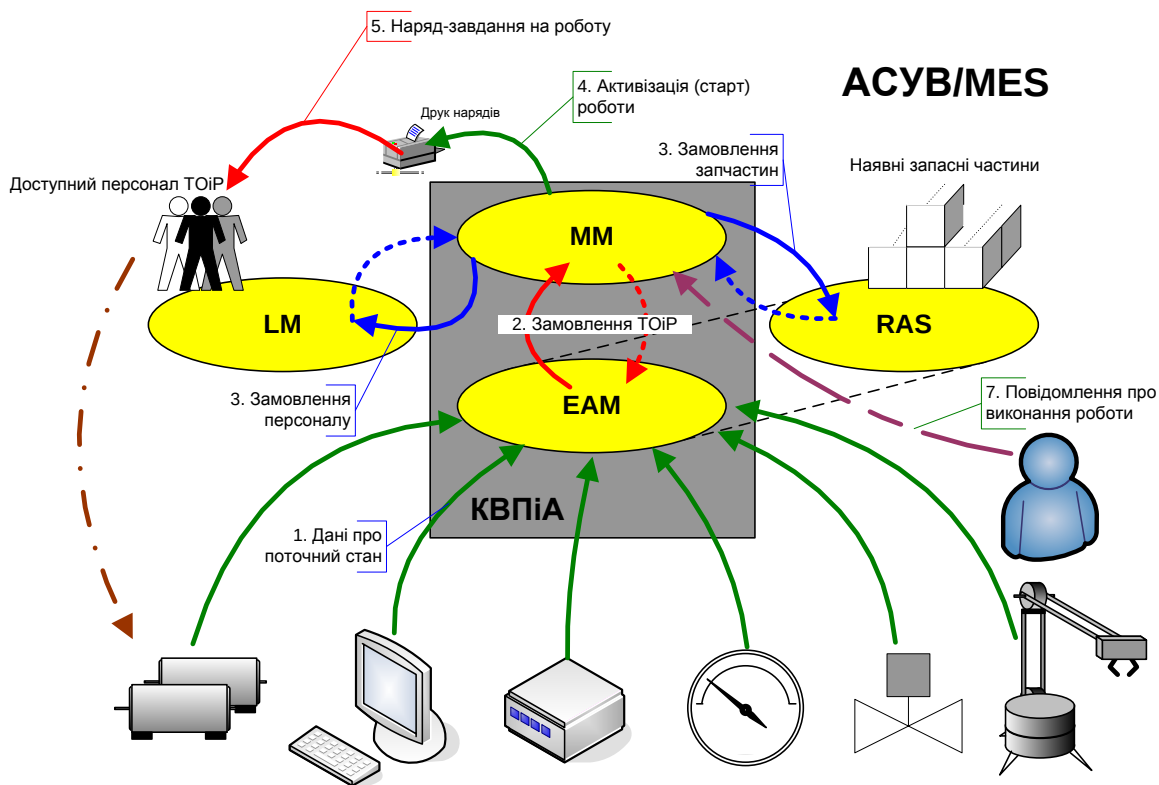
- здійснювати планування TOiP по фактичному стану обладнання (Condition Based Maintenance), коли контролюються техніко-експлуатаційні параметри обладнання, ведеться їх історія та автоматичний моніторинг перевищення ними допустимого рівня;

- здійснювати планування TOiP на основі ранжируваних списків робіт за методологією RCM (Reliability Centered Maintenance);

- створювати необхідні виробничі завдання для TOiP;

- на підставі виробничих завдань автоматично генерувати замовлення на матеріали й наряди на роботи й направляти їхнім виконавцям;
- здійснювати контроль виконання робіт з ТОіР;
- здійснювати контроль відповідності часу й вартості виконаних виробничих завдань ТОіР плановим показникам;
- накопичувати MES-статистику з ТОіР;
- автоматично генерувати звіти з ТОіР й обчислювати показники, необхідні для прийняття управлінських рішень на відповідному рівні управління виробництвом.

Виходячи з усього сказаного, можна визначити загальну схему взаємодій різних автоматизованих управлінських функцій ІСУ виробництвом при управлінні обслуговуванням та ремонтом її засобів автоматизації в рамках такої служби як «КВПіА» (рисунок 2.3).



Засоби автоматизації систем управління технологічними/технічними процесами

Рисунок 2.3 – Взаємодія функцій автоматизованої служби «КВПіА»

На рисунку показані такі управлінські функції рівня «АСУВ/MES»:

- EAM (від англ. Enterprise Asset Management) – облік та моніторинг стану засобів автоматизації систем управління ТП виробництва;

- RAS (від англ. Resource Allocation and Status) - контроль стану й розподіл ресурсів, пов'язаних з виконанням ТОіР засобів автоматизації;
- MM (від англ. Maintenance Management) – планування та управління виконанням ТОіР засобів автоматизації;
- LM (англ. Labor Management) – облік і управління персоналом, що виконує ТОіР засобів автоматизації.

Автоматизована служба «КВПіА» виконує дві з вказаних функцій – «ЕАМ» та «ММ». Інші дві функції виконуються на рівні «АСУВ/MES» в рамках інших автоматизованих служб.

Первинні дані про поточний стан засобів автоматизації систем управління ТП виробництва збирає функція «ЕАМ», яка у режимі реального часу інформаційно взаємодіє з такими системами управління нижчого рівня як «АСУТП/SCADA» та «САС вимірювання/контролю». На основі цих даних функція «ЕАМ» постійно контролює поточний стан кожної одиниці засобів автоматизації і формує інформаційні повідомлення, що надсилаються до функції «ММ» ("1. Повідомлення про стан промислового обладнання"). У разі виходу з ладу якогось засобу автоматизації (аварія, поломка і т.п.) функція «ЕАМ» активізує замовлення потрібного позапланового ТОіР і надсилає відповідне повідомлення ("2. Замовлення ТОіР") до функції «ММ», яка виконує планування таких робіт. У свою чергу, функція «ММ», виконуючи оперативне планування позапланового ТОіР, перевіряє наявність необхідних для нього ресурсів – запасних частин та персоналу (наладчики, ремонтники і т.п.). Наявність запасних частин перевіряється шляхом взаємодії з функцією «RAS» ("3. Замовлення запчастин"), яка обліковує усі наявні матеріальні ресурси виробництва. Зворотне повідомлення функції «RAS» або підтверджує наявність необхідних запчастин, або сповіщає про їх відсутність. Наявність необхідного для виконання персоналу перевіряється шляхом взаємодії з функцією «LM» ("3. Замовлення персоналу"), яка обліковує наявні людські ресурси. Зворотне повідомлення функції «LM» або підтверджує наявність і доступність персоналу відповідної спеціальності та кваліфікації, або сповіщає про його відсутність. У разі відсутності тих чи інших ресурсів виконання позапланового ТОіР призупиняється і система далі діє за відповідним алгоритмом (додатково замовляється поставка запчастин, необхідний персонал екстрено викликається на роботу через мобільний зв'язок або щось інше). У разі наявності всіх необхідних ресурсів функція «ММ» створює розклад (план-графік) позапланового ТОіР і активізує його шляхом генерування та друку наряду-завдання на даний вид роботи ("4. Активізація (старт) роботи"). Цей наряд-завдання передається відповідному персоналу ТОіР ("5. Наряд-завдання на роботу"), який приступає у визначений термін до виконання роботи ("6. Виконання роботи"). Далі за ходом ТОіР може слідкувати відповідальна особа цеху, яка через свій термінал надсилає відповідні повідомлення до функції «ММ» ("7. Повідомлення про виконання роботи"). Існують варіанти ІСУ, в яких

ремонтний персонал самостійно через свої мобільні засоби зв'язку (мобільні телефони, планшети, радіопередавачі і т.п.) повідомляє систему управління про хід ТОіР [26]. Функція «ММ» системи «АСУВ/MES» фіксує час закінчення позапланового ремонту, розраховує його собівартість та відповідні часові показники, а також сповіщає про це функцію «LM» (обліковує роботу задіяним в ремонті персоналом) та функцію «EAM» (змінює стан відремонтованого обладнання з "Не працює" у стан "Працює", розраховує втрати від простою).

В описаній взаємодії функцій по плануванню робіт з ТОіР застосований підхід, який називається «ремонт після відмови» (Run-to-Failure - RTF).

Проаналізувавши зміст та характер взаємодії усіх цих функцій, можна визначити тепер і перелік тих автоматизованих функцій, які повинні виконуватися в ІСУ цукрового заводу на рівні її інформаційної платформи («ІВС») з метою збирання тих оперативних даних, які потрібні для автоматизованої служби «КВПіА» при управлінні обслуговуванням та ремонтом засобів автоматизації технічних/технологічних процесів цукрового заводу. Для цього розглянемо якийсь окремий тип такого засобу автоматизації, наприклад, електричний виконавчий пристрій на основі електроприводу. У типовій схемі автоматизації ТП виробництва вапнякового молока (див. рисунок 1.1) застосовані 7 таких виконавчих пристроїв:

- виконавчий пристрій дозатора вугілля;
- виконавчий пристрій (електропривод) проміжного конвеєра;
- виконавчий пристрій (електропривод) конвеєру подачі вапняку;
- виконавчий пристрій (електропривод) лебідки підіймача;
- виконавчий пристрій (електропривод) поворотного лотка печі;
- виконавчий пристрій верхнього затвору печі;
- виконавчий пристрій нижнього затвору печі;

На решті виробництва цукрового заводу використовується ще багато таких електричних виконавчих пристроїв. Від справного стану цих засобів автоматизації у великій мірі залежить і якість роботи відповідних систем управління та регулювання. На рисунку 2.4 показана типова електрична функціональна схема такого електричного виконавчого пристрою для дозатора вугілля.

Для реалізації автоматичного контролю поточного стану такого виконавчого пристрою (ВП) в схемі передбачений ряд вбудованих контактних датчиків. Так контактні датчики К1 та К2 сигналізують про крайні положення руху регулюючого органу РО (К1 – про крайнє ліве положення, К2 – про крайнє праве положення). В якості цих датчиків зазвичай використовуються кінцеві вимикачі. Контактний датчик К3, вбудований в електромагнітну муфту, сигналізує про заклинювання механізму приводу рухів РО, коли вхідний вал муфти обертається, а вихідний - ні. Контактні датчики К4 та К5 сигналізують про аварійні режими роботи

асинхронного електродвигуна (K4 – про надмірний перегрів електродвигуна, K5 – про надмірний струм статорних обмоток електродвигуна). В якості цих датчиків використовуються контакти відповідних реле захисту електродвигуна – теплового реле захисту та реле захисту по струму навантаження. Контактні датчики K6-K8 сигналізують про роботу електромагнітного пускача виконавчого механізму регулюючого вентиля:

- замикання K6 свідчить про наявність напруги живлення на контактах пускача;
- замикання K7 свідчить про перемикання обмоток електродвигуна для обертання вліво;
- замикання K8 свідчить про перемикання обмоток електродвигуна для обертання вправо.

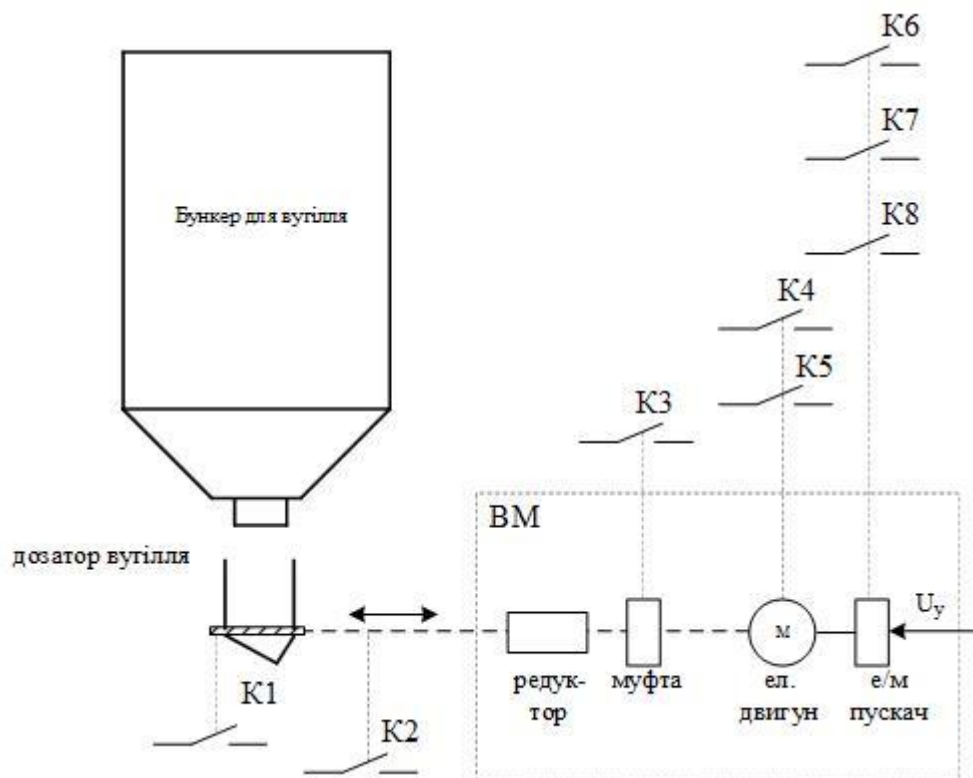


Рисунок 2.4 – Електрична функціональна схема виконавчого пристрою

В результаті оперативного контролю за станами усіх вказаних контактних датчиків автоматизована система моніторингу може розпізнавати такі стани електричного виконавчого пристрою:

- одночасно спрацювали кінцеві вимикачі крайніх положень РО (K1 та K2);
- при русі РО вліво не відключився кінцевий вимикач K2 крайнього правого його положення чи не відключився контактний датчик K3 муфти після закінчення встановленого часу;

- при русі РО вправо не відключився кінцевий вимикач крайнього лівого його положення К1 після закінчення встановленого часу;
- зупинка при русі РО вліво за часом (не спрацював кінцевий вимикач крайнього лівого положення К1);
- зупинка при русі РО вправо за часом (немає обох сигналів – від кінцевого вимикача К2 і муфти К3);
- зупинка при будь-яких рухах РО за часом (немає сигналу з К3 муфти);
- заклинювання, коли при проміжних положеннях РО (немає сигналів з К1 та К2) з'явився сигнал з муфти К3;
- перегрів електродвигуна (спрацював К4), або його перевантаження (спрацював К5) і т.д.

Тому основними функціями, які виконуватимуться в ІСУ цукрового заводу на рівні її інформаційної платформи («ІВС») для обслуговування автоматизованої служби «КВПіА», є збирання оперативних даних про стани зазначених контактних датчиків по кожному електричному виконавчому пристрою, встановленому у системах управління та регулювання технологічних/технічних процесів цукрового виробництва.

З урахуванням цього, можна тепер визначити і автоматизовані функції для системи нижнього рівня ІСУ цукрового заводу, а саме, для системи «САС вимірювання/контролю» (див. рисунок 2.2). Так, ця система повинна здійснювати відповідно до встановленої періодичності автоматичне введення вихідних сигналів контактних датчиків К1-К8 (див. рисунок 2.4) з кожного електричного виконавчого пристрою, встановленого у системах управління та регулювання технологічних/технічних процесів цукрового виробництва.

Таким чином, для всіх складових частин архітектури ІСУ цукрового заводу, яка показана на рисунку 2.2, були визначені переліки їх основних автоматизованих функцій. Опираючись на ці результати, була розроблена концепція функціональної структури цієї ІСУ. Це концептуальне рішення наведене у додатку Б. Функціональна структура поділена на ті ж самі складові частини, що і розроблена вище загальна архітектура ІСУ (див. рисунок 2.2). Всередині зображення кожної з цих складових частин перелічені їх основні автоматизовані функції, які вони повинні виконувати при роботі даної ІСУ, а на стрілках, що відображають інформаційні потоки між функціями, вказані основні дані, що ними передаються.

Для подальшого проєктування даної ІСУ цукрового заводу виберемо (з урахуванням індивідуального завдання на дипломне проєктування) тільки одну складову частину загальної архітектури цієї ІСУ, а саме, «АСУТП» і детально розробимо її технічну частину і програмне забезпечення.

3 Проектування технічної частини АСУТП

3.1 Визначення загальної конфігурації системи

Аналізуючи типову схему автоматизації типової АСУТП виробництва вапнякового молока на цукровому заводі [2], можна відмітити такі її недоліки: схема виконана на застарілій елементній базі, недостатньо автоматизована з точки зору інформування оператора про протікання технологічного процесу та контролю параметрів роботи установки.

Для того, щоб всі процеси були під контролем та наглядом оператора, необхідно компактне розташування пристроїв індикації параметрів технологічного процесу. Найчастіше один пристрій реєстрації знаходиться в типовій системі на значній відстані від іншого, що потребує від оператора значних зусиль і постійної уваги до черговості опитування значень на пристроях реєстрації.

Для того, щоб автоматизувати процес збирання інформації про хід технологічного процесу, забезпечити постійний контроль над поточними параметрами, візуалізацію процесу, технологічну анімацію, автоматичне управління і регулювання, а також полегшити працю оператора використовуємо промислову інструментальну систему класу SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition. Такі інструментальні системи характеризуються наступними перевагами: швидкість, ясність процесу розробки програмного забезпечення АСУТП, висока надійність, простота модифікації і супроводження розробленої системи.

Для розробки програмного забезпечення нової АСУТП бажано застосувати таку SCADA, яку ми вивчали в рамках деяких навчальних дисциплін. Наприклад, однією з таких систем є SCADA «Genie 3.0», що створена фірмою ADVANTECH (Тайвань), яку ми вивчали по дисципліні «Проектування систем автоматизації».

SCADA є інструментальним засобом розробки програмного забезпечення збору даних і оперативного диспетчерського управління, що виконується в середовищі MS Windows. SCADA може застосовуватися в проєктах АСУТП масштабу технологічної ділянки або цеху, з початковим або середнім рівнем складності.

Стандартний пакет SCADA зазвичай оснащений драйверами введення/виведення для підтримки великої кількості апаратних засобів промислової автоматизації, наприклад фірми ADVANTECH, такі як модулі збору даних і керування, PC сумісний модульний контролер MIC2000, пристрої віддаленого збору даних серії ADAM-4000 і ADAM 5000/485, а також пристрої промислової шини CAN із протоколом DeviceNet ADAM-5000/CAN [27].

Модулі ADAM-5000 та промисловий контролер MIC2000 мають ширші функціональні можливості у порівнянні з модулями ADAM-4000, але

їх вартість теж набагато більша. Тому, виходячи тільки з економічних міркувань, для побудови розподіленої комп'ютеризованої АСУТП виробництва вапнякового молока на стадіях дозуванням та завантаженням шихти до вапняково–випалювальної печі ми вибираємо модулі ADAM–4000 як пристрої віддаленого зв'язку з об'єктом.

Модулі серії ADAM-4000 являють собою малогабаритні багатофункціональні інтелектуальні пристрої зв'язку з об'єктом і спеціально розроблені для застосування у промислових умовах експлуатації. Вбудований мікропроцесор забезпечує незалежне від управляючої обчислювальної системи виконання функцій гальванічно-ізолюваного введення-виведення аналогових та дискретних сигналів з наступною нормалізацією, фільтрацією, перетворенням у форму, що придатна для передачі по послідовному каналу зв'язку, а також забезпечує інформаційний обмін з ведучим вузлом мережі передачі даних на базі інтерфейсу RS-485.

Таким чином, вибір інструментальних засобів та засобів автоматизації від однієї відомої фірми, що вже добре зарекомендували себе на ринку України (уся технічна документація повинна бути локалізованою), дозволить швидко та ефективно розробити нову систему управління технологічним процесом виробництва вапнякового молока, а також дозволить в подальшому розповсюдити автоматизацію на інші цехи та ділянки заводу на основі одного програмно-технічного комплексу.

Нову АСУТП будемо будувати за дворівневою розподіленою структурою. На нижньому рівні управління будуть розміщені засоби низової автоматики (датчики, виконавчі механізми, регулюючі органи) та пристрої зв'язку з об'єктом (модулі віддаленого введення/ виведення фізичних сигналів серії ADAM-4000 та пристрої силової комутації для виконавчих механізмів регулюючих органів).

На верхньому рівні управління розміщуємо автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора на базі промислового комп'ютера, зв'язаного через локальну мережу RS-485 з модулями ADAM-4000 нижнього рівня управління. АРМ буде організоване в середовищі промислової SCADA для збирання та обробка даних, контролю та регулювання технологічних параметрів, їх архівації та відображення на екрані графічного ЛМІ оператора.

3.2 Розробка електричної структурної схеми системи

На основі визначеної вище загальної конфігурації автоматизованої системи управління процесом виготовлення вапнякового молока на операціях дозування шихти та завантаження її до печі була розроблена її електрична структурна схема, яка наведена в додатку Б.

На схемі показаний загальний склад блоків проєктованої системи (без уточнення їх типів) та основні зв'язки між цими блоками. При розробці

схеми враховувалися відповідні вимоги технічного завдання на дипломне проектування (додаток А).

Система будується за дворівневою розподіленою структурою. Верхній рівень системи утворюється автоматизованим робочим місцем (АРМ) оператора, що реалізоване на базі промислового комп'ютера (блоки 1-3). Нижній рівень управління утворюється пристроями зв'язку з об'єктом серії ADAM-4000 (блоки 4-13), пристроями контролю (блоки 14-20) та вимірювання (блоки 21-23) технологічних параметрів, а також силовими пристроями автоматики (блоки 24-29).

Обмін інформацією між рівнями управління системи здійснюється через промислову мережу передавання даних з інтерфейсом RS-485.

Згідно з технічним завданням в системі вимірюються такі технологічні параметри: розрідження у верхній частині печі (блок 21), рівень шихти в печі (блок 22), вага ковшу з шихтою (блок 23). Крім того, в системі контролюються такі технологічні параметри: крайні положення елементів технологічного обладнання (блоки 14-19) та максимальна/ мінімальна маса вугілля в дозаторі (блок 20).

Вихідні аналогові сигнали вимірювальних пристроїв поступають на вхід пристрою зв'язку з об'єктом (ПЗО) серії ADAM-4000, що утворений вхідним мультиплексором (блок 4), аналого-цифровим перетворювачем (блок 5), буферним регістром (блок 6) та адаптером цифрової мережі (блок 7). ПЗО перетворює аналогові сигнали вимірювальних пристроїв у відповідні цифрові коди і передає їх по мережі RS-485 до комп'ютера АРМ оператора.

Вихідні дискретні сигнали пристроїв контролю технологічних параметрів поступають на вхід пристрою зв'язку з об'єктом (ПЗО) серії ADAM-4000, що утворений вхідним перетворювачем рівнів дискретних сигналів (блок 8), буферним регістром (блок 9) та адаптером цифрової мережі (блок 10). ПЗО перетворює окремі дискретні сигнали пристроїв контролю у відповідний цифровий код і передає його по мережі RS-485 до комп'ютера АРМ оператора.

В комп'ютері АРМ оператора, що складається з адаптера цифрової мережі (блок 1), системного блоку (блок 2) та монітору (блок 3), встановлена промислова SCADA. Вона реалізує усі основні функції системи управління – збирання та обробка даних, контроль та регулювання основних технологічних параметрів, їх архівація та відображення через графічний інтерфейс оператора. В результаті роботи SCADA формуються сигнали управління на виконавчі пристрої системи (електроприводи технологічного обладнання). Ці сигнали у цифровій формі передаються по мережі RS-485 на ПЗО серії ADAM-4000, що виконує функції виведення сигналів управління. Цей пристрій утворений адаптером цифрової мережі (блок 11), буферним регістром (блок 12) та вихідними підсилювачами потужності (блок 13). З виходу ПЗО потужні електричні сигнали управління передаються на силові пристрої автоматики, наприклад, електромагнітні реверсивні пускачі (блоки

24-29). Ці пристрої дозволяють вмикати/ вимикати електричні двигуни виконавчих механізмів, а також виконувати відповідну комутацію обмоток цих двигунів до мережі живлення та змінювати напрямок їх обертання (наприклад, піднімати або опускати ківш).

Розроблена електрична структурна схема АСУТП дозволяє реалізувати усі її функції, що передбачені технічним завданням на дипломне проєктування.

На основі електричної структурної схеми можна розробити функціональну схему автоматизації АСУТП, яка б більш детально представляла реалізацію проєктованої системи, наприклад, уточнювала б типи засобів автоматизації, які її утворюють, та способи виконання електричних з'єднань між ними.

3.3 Розробка функціональної схеми автоматизації системи

Функціональна схема автоматизації нової АСУТП виробництва вапнякового молока наведена в додатку Б. Розглянемо детально кожний контур цієї системи.

3.3.1 Реалізація контуру подачі шихти до ківшу

Дозування вугілля в ківш скіпового підіймача буде здійснюватися живильником-дозатором палива типу 4195Пр [7].

Пристрій ваговий типу 4195Пр призначений для транспортування і зважування грудкових і зернистих матеріалів і перетворення навантаження, яке утворюється матеріалом, в уніфікований електричний сигнал.

Пристрій являє собою стрічковий конвеєр, змонтований на рамі, закріпленій шарнірно, яка спирається на вимірювач сили у вигляді тензорезистивного датчика. До складу електроустаткування входить перетворювач сигналу датчика в електричний сигнал, показчик миттєвої продуктивності і прилад урахування сумарної маси матеріалу. До складу пристрою входять пристрої контролю мінімальної/ максимальної маси вугілля, що дозується (пристрої 3-1 і 4-1). В ході дозування контролюються крайні положення заслінки подачі вугілля з бункера (пристрій 7-1).

Конструктивно уніфікований ряд вагових пристроїв типу 4195Пр включає 38 типорозмірів вагових пристроїв, що випускаються в трьох виконаннях. Пристрої першого виконання, що складаються з вагового транспортера з допоміжними вузлами й електроустаткування, випускаються двадцятью модифікацій продуктивністю від 2,5 до 400 т/ год. До складу пристрою другого виконання, що має одинадцять модифікацій продуктивністю від 6,3 до 100 т/ год, входить додатково електровібраційний

живильник. Третє виконання випускається у виді семи модифікацій продуктивністю від 6,3 до 400 т/ год і має додатковий лоток між живильником і транспортером. Окремі модифікації другого і третього виконань призначені для роботи у вибухонебезпечних зонах помешкань.

Похибка виміру $\pm 0,5$ % від межі продуктивності. Вихідний сигнал пристрою - уніфікований сигнал постійного струму 0-5 мА. Живлення від мережі трифазного перемінного струму 380/220 В частотою 50 Гц.

Температура навколишнього повітря в місці установки транспортера від мінус 10 до плюс 40 С⁰, у місці установки електроустаткування 10-40 С⁰ при відносній вологості до 80 %.

Можливе використання дозаторів вагових типу 4310Д або 4312Д, які призначені для зважування і дискретного дозування компонентів шихти в різноманітних галузях промисловості. Принцип дії вагового пристрою дозатора заснований на перетворенні механічного впливу сили ваги матеріалу, що зважується, на тензорезистивний датчик у електричний сигнал, пропорційний масі, що вимірюється. Живильник дозатора – електровібраційного типу. Керування автоматичне, дистанційне і місцеве. Випускається шістнадцять модифікацій дозаторів типу 4310Д і чотирнадцять модифікацій дозаторів типу 4312Д у виді конструктивно уніфікованого ряду. До складу комплекту входить цифровий або аналоговий прилад, що показує. Границі зважування 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0 т. Похибка дозування $\pm 1,5$ %.

Живлення від мережі перемінного струму напругою 220 В частотою 50 Гц. Споживана потужність 0,6 кВт.

Дозатори призначені для експлуатації при температурі навколишнього повітря від мінус 10 до плюс 40 С⁰ і відносній вологості до 80 %.

Для вимірювання ваги ковшу з шихтою використовуємо метод, коли ківш не сідає на опорний елемент вагового пристрою, а вільно висить на тросі лебідки. При цьому вимірюється сила, що діє на опору верхнього блоку скіпового підіймача. Цю силу доцільно вимірювати тензометричним вимірювальним пристроєм (пристрій 12-1).

Для виконання даного дипломного проекту використаємо датчик навантаження SIWAREX R фірми Siemens [28]. Датчики навантаження SIWAREX R обладнані первинними тензометричними перетворювачами. Вони використовуються для статичних і динамічних вимірювань ваги.

Сімейство датчиків навантаження моделі SIWAREX R покриває діапазон від 10 кг до 280 т.

Доступні різні моделі зі спеціальними характеристиками, включаючи:

- використання компонентів з неіржавіючої сталі, щоб забезпечити високий ступінь корозійної стійкості;
- герметичний кожух, що дозволяє працювати в жорстких і агресивних середовищах;
- компактні модулі для простої установки.

Все це робить датчики навантаження SIWAREX R відповідними

фактично для всіх застосувань при промисловому зважуванні (наприклад, контейнерні і бункерні ваги, платформні ваги, ваги для транспортного засобу і гібридні ваги).

Всі моделі пристосовані для використання з комерційними вагами класу III із зобов'язанням про перевірку відповідно до DIN EN 45501 і OIML R 60 3000d.

Датчики навантаження - тензодатчики - це перетворювачі механічної енергії в електричну. Хоча існує велика кількість модельних рядів, основні принципи функціонування для всіх однакові.

Основний елемент - спеціальна пружна речовина, яка еластично деформується під дією вантажу, викликаючи зміну опору [28].

Це в свою чергу змінює вихідну напругу, яка є пропорційною до зміни ваги.

Вимірювальний елемент є кільцем, зробленим з неіржавіючої сталі. Дві вимірювальні спіралі, що розширюються, застосовуються на верхній і нижній стороні кільця. Під впливом діючого навантаження кільце згинається, внаслідок чого діаметр верхньої сторони кільця скорочується, а нижньої - збільшується. При вигині кільця воно деформується, що сприяє появі напруги вимірюваного параметра, пропорційного навантаження, що змінюється.

Осередки навантажень з розрахунковим навантаженням до 13 т обладнані вбудованим захистом від перевантаження. Ділянки навантажень з вищими розрахунковими значеннями навантаження повинні бути обладнані зовнішнім захистом від перевантаження. Номінальний вимірювальний шлях залежить від навантаження і знаходиться між 0,07 і 0,2 мм.

Для даного дипломного проєкту обираємо кільцевий датчик SIWAREX серії RN типу 7MH5101-5ADO1, що пристосований для використання з контейнером чи баком, конвеєром, платформою і вагами на нерівних поверхнях.

3.3.2 Реалізація контуру контролю рівня шихти в печі

У роботі системи вапнякового випалювання необхідно підтримувати постійний рівень шихти у печі. Якщо рівень не контролювати, тоді виникне аварійна ситуація, яка може призвести до зупинки заводу.

Для вимірювання (пристрій 14-1) і контролю (пристрій 14-2) рівня шихти в печі застосовуємо сигналізатор рівня радіоізотопний типу ГР-10, призначений для безконтактного контролю рівня рідких, сипучих, зернових і грудкових матеріалів [7].

Прилад може бути використаний також для контролю межі поділу двох середовищ і контролю наявності предметів, що переміщуються, аналогічно радіоізотопним релейним приладам РРП.

Прилад конструктивно виконаний у виді блока джерела випромінювання, блока детектування, опрацювання і формування сигналу та електронного блока.

Принцип дії сигналізатора заснований на ослабленні потоку гама-випромінювань контрольованим матеріалом, що знаходиться між джерелом випромінювання і блоком детектування.

Прилад має безконтактний вихід із рівнем логічного «нуля» 1 В, 2 В і рівнем логічної «одиниці» 12 В. При впливі потоку іонізуючого випромінювання безконтактний ключ знаходиться в положенні «Виключене» (відповідає логічному «нулю»). При перекритті потоку іонізуючого випромінювання контрольованим об'єктом безконтактний ключ переходить у стан «Включене» (відповідає логічній «одиниці»).

При замовленні приладу необхідно зробити вибір блока гама - джерела відповідно до вказівок, які приведені в монтажно-експлуатаційній інструкції на прилад.

Довжина єднального кабелю між блоком детектування та електронного блока не більше ніж 200 м. Довжина кабелю вихідного ланцюга не більше 15 м. Живлення сигналізатора здійснюється змінним струмом напругою 220 В частотою 50 Гц. Споживана потужність 20 В-А. Сигналізатори розраховані на роботу при температурі навколишнього повітря для блока детектування від мінус 50 до плюс 50 С⁰, для електронного блока від 5 до 40 С⁰ і для блока гама-джерела від мінус 50 до плюс 150 С⁰. Припустима відносна вологість навколишнього повітря для блока детектування і гама - джерела 95 %, для електронного блока 80 %.

Габаритні розміри:

- блока детектування 140х370х320 мм;
- блока гама-джерела не більш 320х400х250 мм;
- електронного блока 115х320х170 мм.

Маса блока детектування 18 кг, а блока електронного 5,5 кг.

3.3.3 Реалізація контуру контролю скіпового підіймача

Зазвичай контроль за скіповим підіймачем здійснюється за допомогою кінцевих вимикачів. Коли вони спрацьовують, то на пульт диспетчера надходить сигнал. Але вимикачі ненадійні, тому використовуємо замість них перетворювач положення типу ПИЩ-6-1[7].

Перетворювач положення індуктивний типу ПИЩ-6-1 призначений для перетворення інформації про місцезнаходження об'єктів, що переміщаються відносно чутливого елемента перетворювача, у дискретний електричний сигнал. Максимальна частота спрацьовування перетворювача при активному навантаженні не менше 1 кГц. Номінальне значення вихідного навантажувального опору при активному навантаженні 330 Ом при

напрузі в ланцюзі навантаження 12 В і 680 Ом при 24 В. Максимальний робочий струм у ланцюзі навантаження 80 мА.

Перетворювач працює на постійному струмі напругою 12 В. Споживана потужність (без навантаження) не більше 0,4 ВА.

Перетворювач призначений для роботи при температурі навколишнього повітря від мінус 40 до плюс 165 °С і відносній вологості 95%.

Габаритні розміри 28x80x19 мм, маса 0,08 кг. Випускається прилад у двох варіантах – звичайному та експортному.

3.3.4 Вибір виконавчих пристроїв

Усі процеси регулювання здійснюються за допомогою виконавчих механізмів. Оберемо у якості такого механізму механізм типу МЕО 250/25-0,25Р [28]. Наведемо його технічні характеристики.

Технічна характеристика одно-оборотного виконавчого механізму типу МЕО 250/25-0,25Р:

- номінальний обертальний момент на вихідному валу 250 Н·м;
- номінальний час повного ходу вихідного вала 25 с;
- номінальний повний хід вихідного вала 0,25 об;
- напруга живлення при частоті 50Гц – 220В;
- споживаюча потужність 80 В·А;
- габаритні розміри 370x328x370 мм;
- маса 30 кг;

Управління механізму (пуск, зупинка, зміна напрямку руху) здійснюється контактним та безконтактним пристроєм. Пусковий обертальний момент механізму МЕО при номінальній напрузі перевищує номінальний момент в 1,7 рази.

Управління пристроєм може здійснюватися за допомогою сучасних високонадійних модулів релейної комутації фірми Advantech.

3.3.5 Вибір засобів віддаленого введення/ виведення сигналів

В проєктованій системі використовуються три прилади для виміру рівня, тиску, ваги, а також кінцеві датчики, які фіксують положення елементів технологічного обладнання.

Вимірювальні прилади будуть підключені до модулю збору даних фірми Advantech – ADAM-4017H (пристрій 18). Це 8-канальний швидкодіючий модуль аналогового введення. Модуль має такі технічні характеристики. Кількість і тип каналів аналогового введення – 8 диференційних. Ефективна розрізнявальна спроможність АЦП складає 12

розрядів плюс знак. Типи вхідного сигналу: напруга (мВ, В) і струм (мА). Діапазон вхідного сигналу: $\pm 250\text{мВ}$, $\pm 500\text{мВ}$, $\pm 1\text{В}$, $\pm 5\text{В}$, $\pm 10\text{В}$, $0-250\text{ мВ}$, $0-500\text{ мВ}$, $0-1\text{ В}$, $0-5\text{ В}$, $0-10\text{ В}$, $0-20\text{ мА}$, $4-20\text{ мА}$. Напруга ізоляції: 3000В постійного струму [28].

Частота вибірки залежить від типу блоку центрального процесору, що використовується. Для ADAM-4017H вона складає 1000 відліків в секунду при використанні формату представлення даних в додатковому коді, 600 відліків в секунду при використанні формату представлення даних в інженерних одиницях.

Вхідний опір 20 МОм при виміру напруги, 125 Ом при виміру струму. Смуга пропускання 1000Гц . Похибка виміру $\pm 0,1\%$. Коефіцієнт ослаблення завад загального виду на частоті 50Гц не менше 92Дб . Потужність споживання $1,8\text{ Вт}$.

Модуль дозволяє виконувати установка діапазону вхідного сигналу за кожним каналом окремо.

Кінцеві датчики, які фіксують положення елементів технологічного обладнання, будуть підключені до модулю введення дискретних сигналів фірми Advantech – ADAM-4050 (пристрій 17). Цей модуль має 7 вхідних каналів дискретних каналів [28]. Цифрове виведення характеризується наступними параметрами: схема включення транзистора – відкритий колектор, максимальний струм навантаження – 30 мА , максимальна потужність, що розсіюється, – 399мВт .

Цифрове введення характеризується наступними параметрами: логічний «нуль» відповідає напрузі до плюс 1В , а логічна «одиниця» – напрузі в межах від плюс $3,5\text{В}$ до плюс 30В ; струм розпізнавання – $0,5\text{ мА}$ через резистор 10 кОм при логічній «одиниці», рівній 5В .

Дистанційне управління виконавчими пристроями здійснюється за допомогою модуля релейної комутації типу ADAM-4060 (пристрій 16). Він має такі основні технічні характеристики. Кількість і тип каналів: 2 нормально розімкнених і 12 перемикальних. Електрична міцність контактів: по змінному струму 125 В при $0,6\text{ А}$, 250 В при $0,3\text{ А}$; по постійному струму 30 В при 2 А , 110 В при $0,6\text{ А}$. Напруга пробою дорівнює 500 В змінного струму ($50/60\text{ Гц}$). Номінальний час включення 3 мс , виключення – 1мс . Загальний час переключення 10 мс .

Для віддаленого зв'язку ADAM-4017H, ADAM-4050 та ADAM-4060 з комп'ютером використаємо перетворювач інтерфейсів RS 485/232 типу ADAM-4520 (пристрій 19).

АРМ оператора реалізуємо у вигляді промислового комп'ютера (пристрій 21), де встановлена SCADA-система Genie з прикладним програмним забезпеченням системи управління.

4 Розробка програмного забезпечення АСУТП

4.1 Вибір інструментальної системи проектування

Інструментальні системи, що використовуються при проектуванні програмного забезпечення АСУТП, поділяються на:

- системи SCADA;
- засоби баз даних;
- універсальні системи програмування.

Системи SCADA дозволяють виконувати весь комплекс проектних робіт в єдиному інструментальному середовищі, в результаті чого можна не тільки швидко розробити проект програмного забезпечення системи, але і провести в режимі емуляції його тестування та настройку, використовуючи при цьому програмні моделі об'єктів управління [29-33].

Головний недолік такої технології проектування є зворотним боком його переваг. Швидкість проектування і якість розроблювального ПЗ (ясність, стійкість, надійність, простота модифікації і налагодження) різко падають при спробі вийти за рамки стандартного набору функцій, здійснюваних засобами системи SCADA. Реалізація же нестандартних функцій зазвичай вимагатиме використання і додаткових ІЗ, і знання внутрішніх інтерфейсів і форматів даних (найчастіше незадокументованих). У результаті цього виявляється, що при реалізації будь-якої, навіть простої, нестандартної функції розробнику треба витратити більше зусиль, ніж при створенні решти ПЗ системи. Часто буває, що на якомусь етапі проектування ПЗ або його модернізації раптом проявляється недостяга функціональність штатних засобів конкретної системи SCADA.

На відміну від систем SCADA, засоби баз даних, зазвичай, застосовуються для проектування і реалізації АСУ виробництвом або підприємством, тобто верхніх рівнів ІСУ. Тому ми не будемо розглядати їх детальніше для вибору інструментальної системи проектування ПЗ CAO.

Третій клас інструментальних систем, які широко застосовуються в області промислової автоматизації, є інструментальні системи на основі розповсюджених універсальних мов програмування. Такі інструментальні системи, без сумніву, дають проектувальнику найбільшу свободу дії. Застосовуючи ці сучасні інструментальні системи, можна, без сумніву, вирішити будь-яку проектну задачу в області автоматизації. Проте, така свобода дій потребує і відповідної високої кваліфікації самого проектувальника, в результаті чого проект ПЗ, розроблений ним, буде вже набагато дорожчим, ніж при використанні систем SCADA. Крім того, такий програмний продукт важко буде супроводжувати і модифікувати, особливо якщо в цьому не може взяти участь сам проектувальник.

Таким чином, виходячи з поставленої мети – зробити більш дешевий проект CAO, а зачить і АСУТП, вибираємо в якості інструментальної

системи проектування ПЗ саме систему SCADA.

У таблиці 4.1 перераховані за критеріями вибору найбільш популярні системи SCADA, що широко використовуються у світовій практиці.

Таблиця 4.1 – Показники систем SCADA за критеріями вибору

SCADA-системи	Технічна підтримка	Наявність розробників в Україні	Наявність у ВНТУ	Ціна, умов. од.
Delta (США)	–	+	–	9 328,00
Genesis (США)	+	+	–	9 985,20
Genie (Тайвань)	+	+	+	954,00
Festo (США)	–	–	–	8 421,70
InTouch 5.0 (США)	+	+	–	13 472,60
Monitor Pro (Німеччина – США)	+	+	–	3 763,00
RSView (США)	–	–	–	7 425,30
Sitex (Велика Британія)	+	+	–	6 545,50
Trace Mode (Росія)	+	+	+	3 127,00
WinCC (Німеччина)	+	–	–	12 449,70
Citect 6 (Австрія)	+	+	+	700,00

Треба відмітити, що аналіз ринку таких систем SCADA виявляє сталий процес вирівнювання їх функціональних можливостей, а також розширення їх відкритості до програмних та технічних засобів автоматизації від різних виробників. Тому вибір системи SCADA з наведеного переліку

можна зробити за умови її мінімальної вартості, розуміючи, що основні функціональні можливості цих систем приблизно однакові.

Як видно з таблиці 4.1, найдешевшими системами SCADA є «Genie» виробництва «ADVANTECH» [27], «Trace Mode» виробництва «ADASTRA» [33] та «Citect 6» виробництва «Citect Pty. Ltd» [32].

Враховуючи те, що інструментальна система «Genie» вивчалась нами у ряді навчальних дисциплін спеціальності, то вибираємо саме цю систему для подальшого проектування ПЗ АСУТП виробництва вапнякового молока,

4.2 Розробка схеми даних

Перед тим, як приступити до розробки за допомогою SCADA-системи «Genie 3.0» прикладного програмного забезпечення системи управління технологічним процесом, необхідно обумовити основні процедури та їх послідовності для обробки даних, що буде виконувати це програмне забезпечення у проєктованій системі.

На рисунку 4.1 наведена схема даних проєктованої системи управління, яка показує джерела даних, їх місця розміщення у пам'яті комп'ютера АРМ оператора, а також процедури та результати обробки цих даних. Згідно до цієї схеми початкові дані надходять до програми через послідовний порт COM2 з модулів аналогового і дискретного введення сигналів. Ці дані являють собою певні пакети, які необхідно попередньо обробити програмним шляхом, наприклад, визначити дійсні значення вимірюваних величин по їх вхідним апаратним кодам.

Окремі дані передбачені для формування звіту (наприклад, загальні витрати вапняку за зміну, загальні витрати вугілля за зміну, середнє значення розрідження в печі та інші). Виконується встановлена часова вибірка цих даних та їх зберігання у локальному історичному архіві. При необхідності оператор зможе сформулювати запит на огляд цього архіву у вигляді звіту на моніторі, або на виведення цього звіту на друк.

Основне призначення системи – контроль основних технологічних параметрів та управління технологічним процесом. Над отриманими даними виконується програмна процедура перевірки на їх вихід за встановлені границі (наявність аварії). Будь-який факт аварії записується до файлу журналу аварій, який теж є локальним архівом. Крім запису до файлу кожна аварійна подія, що визначена системою, відображається на екрані монітору у вигляді технічної анімації, а також супроводжується виведенням на екран інформації про цю аварію з звуковим дублюванням.

Оператор через клавіатуру може викликати журнал аварій для огляду на моніторі, а також вносити корективи до роботи програмного забезпечення (встановлювати нові границі контролю, корегувати значення уставки та параметрів регуляторів). Система може виконувати і інші функції –

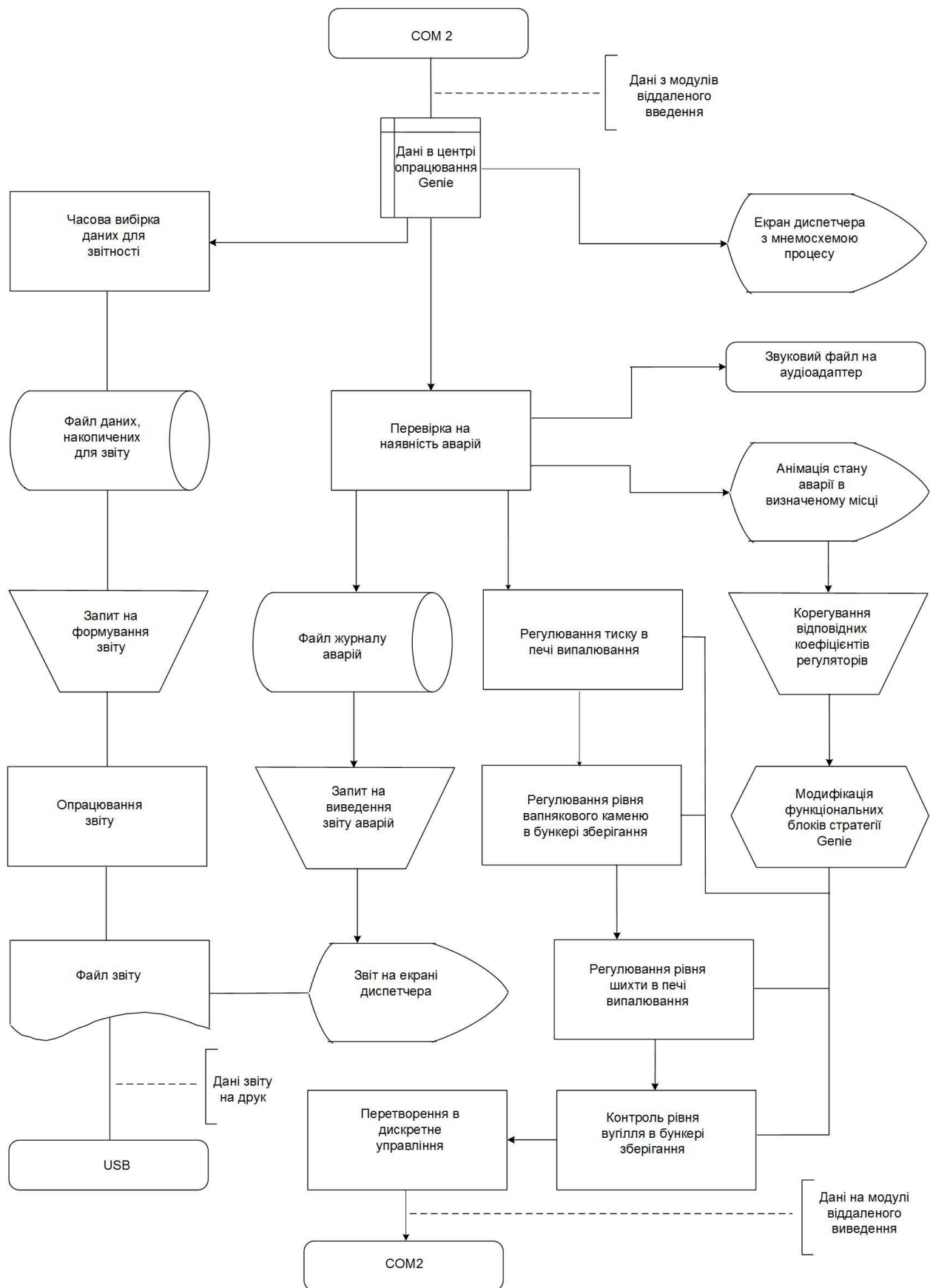


Рисунок 4.1 – Схема даних ПЗ АСУТП

розрахунки додаткових величин, статистичну обробку даних, підтримку зв'язку з системою управління верхнього рівня. Після виконання основних задач регулювання (регулювання тиску в печі і рівня шихти в печі) виконується процедура виведення сигналів управління через модуль дискретного виведення ADAM-4060 на виконавчі механізми системи. На цьому закінчується цикл обробки даних системою.

Після витримки встановленого часового періоду роботи системи запускається наступний цикл обробки даних - формується запит нових даних з модулів введення системи і виконується описаний вище процес їх обробки.

4.3 Розробка стратегії управління в редакторі SCADA «Genie 3.0»

Розробка програмного забезпечення системи управління починаємо із створення загальної стратегії управління. Стратегія розробляється в редакторі задач пакета GENIE 3.0.

Через блок аналогового введення AI1 дані з датчиків вимірювання технологічних параметрів поступають в середовище Genie 3.0.

Вікно настройки блока аналогового ввода AI1 приведенный на рисунку 4.2

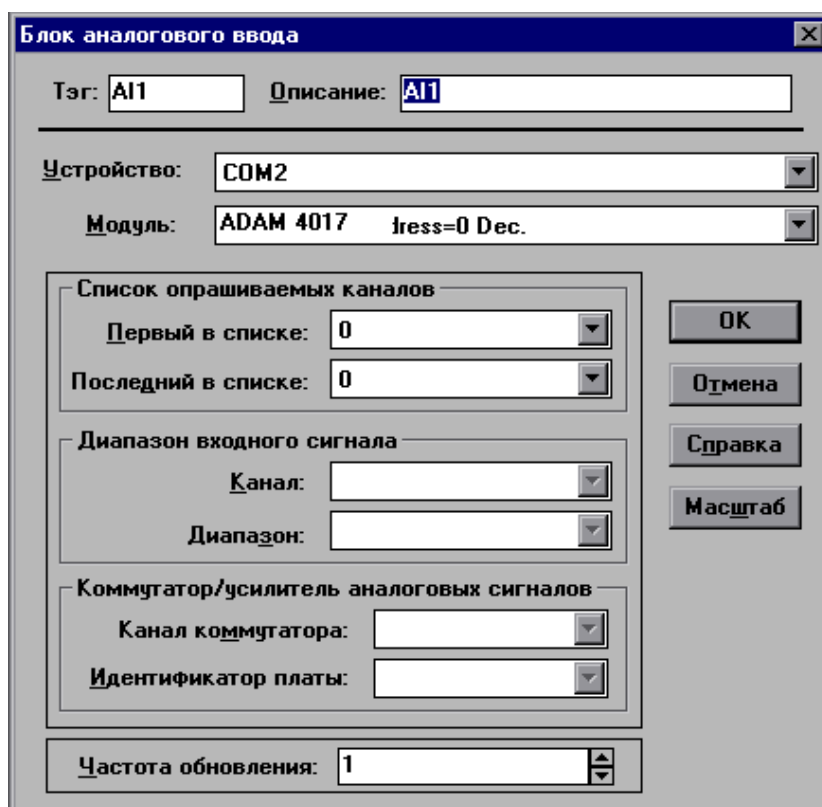


Рисунок 4.2 – Вікно настройки блока аналогового ввода

Блок через COM2 підключено до модулю ADAM 4017. Усі контрольовані параметри поступають на ТЕГ блоки, які забезпечують окрему роботу з кожним параметром вимірюваних величин.

Блок аналогового введення з'єднується з ТЕГами за допомогою каналів (рисунок 4.3).

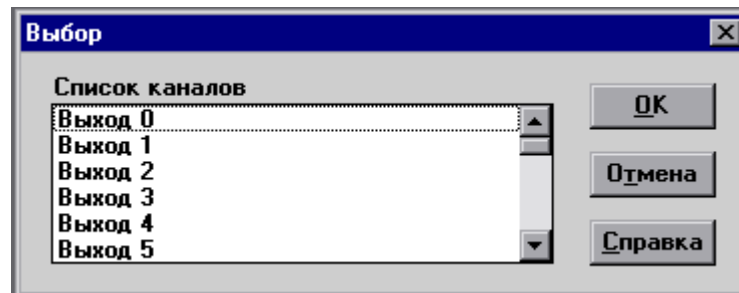


Рисунок 4.3 – Вибір каналів

Кожний ТЕГ підключено до окремого каналу.

ТЕГи умовно поділяються на три типи:

- ТЕГи управління механізмами (двигунами);
- ТЕГи індикації параметрів;
- ТЕГи аварійної сигналізації.

Кожна виміряна величина має свої діапазони зміни. Вихід за ці межі може призвести до аварії, тому на кожен параметр, тобто ТЕГ, поставлено сигналізаційні і блоки реєстрації. Блок архіву тривог зображено на рисунку 4.4

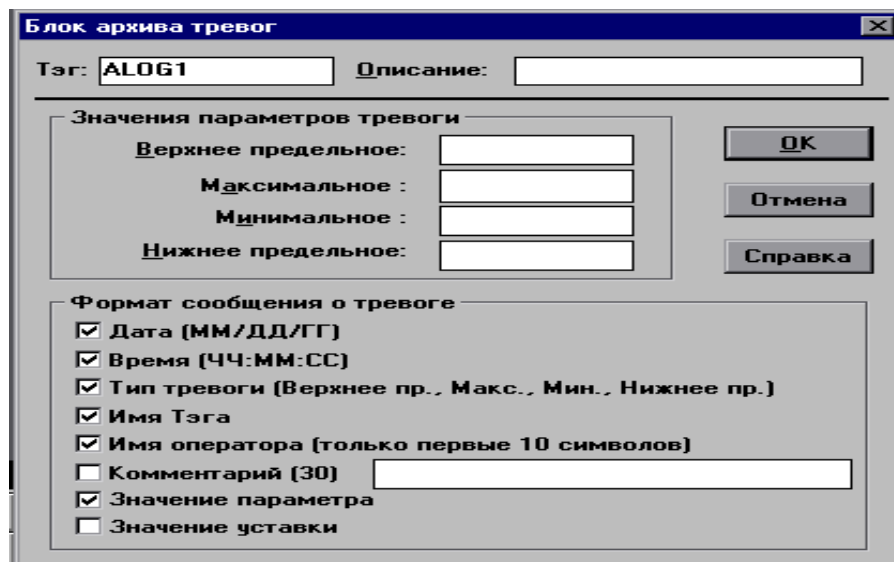


Рисунок 4.4 – Панель настройки блока архіву тривог

Даний блок призначений для зберігання в архіві інформації про зафіксовані аварійні події, пов'язаних з сигналом, що надходить на вхід блока

архіву тривог. Блок має вхід і вихід. Тривоги фіксуються у файлі архіву подій \GENIE\GENIE.ELF.

Повідомлення про аварійні події можуть відображатися у вікні журналу подій і підтверджуватися користувачем у процесі виконання стратегії, коли значення на вході блока потрапляє в такі діапазони:

- вище верхнього граничного значення (сигнал “1”);
- між максимальними і верхніми граничним значеннями (сигнал “2”);
- між максимальним і мінімальним значеннями (сигнал “3”);
- між мінімальними і нижніми граничним значеннями (сигнал “4”);
- нижче нижнього граничного значення (сигнал “5”).

На виході блока присутнє ціле число, що відповідає події, зафіксованій блоком. Це дозволяє подавати інформацію про аварійні події в графічній формі шляхом встановлення зв'язку між блоком архіву тривог і елементом відображення “Растрове зображення з динамізацією за умовою”. Залежність значень на виході блока від зафіксованого блоком події приведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Залежність вихідного сигналу блоку архіву тривог від характеру аварійної події

Аварійна подія (значення на вході блока)	Значення на виході блока
Вище верхнього граничного значення	4
Між максимальними і верхніми граничним значеннями	2
Між максимальним і мінімальним значеннями	0
Між мінімальними і нижніми граничним значеннями	1
Нижче нижнього граничного значення	3

Блок має один вхід, на який може надходити сигнал від іншого функціонального блока стратегії. Значення на вході перевіряється блоком на входження в межі, задані в групі параметрів Значення параметрів тривоги діалогової панелі налагодження параметрів блока в процесі розробки стратегії.

Блок архіву тривог з'єднано з блоком відтворення звукового файлу за умовою. В цьому блоці встановлюється шлях до файлу, який буде відтворено при аварії. На кожен можливу аварійну ситуацію записано звуковий файл, який повідомляє оператора про наявність аварійної ситуації. Налаштування блока приведена на рисунку 4.5.

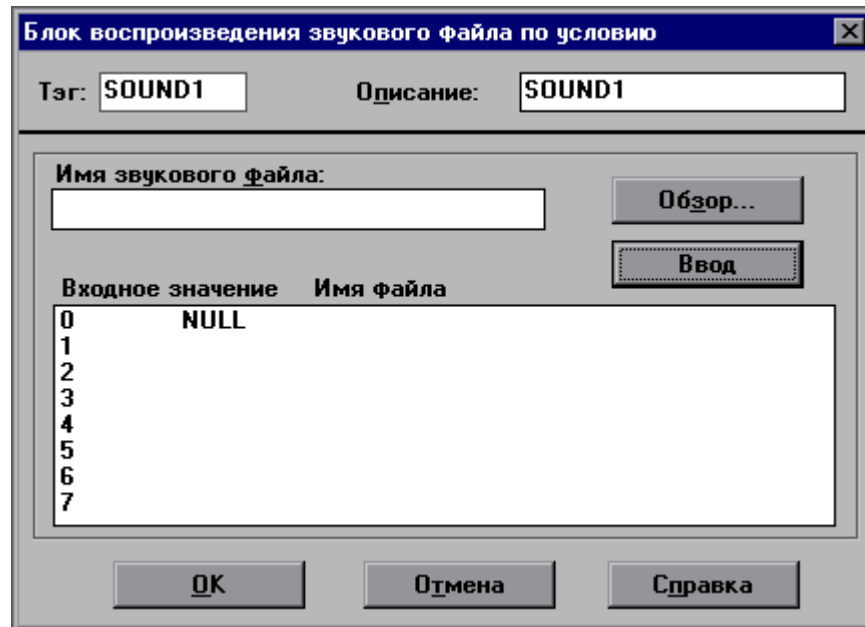


Рисунок 4.5 – Вікно настройки блока відтворення звукового файлу за умовою

Даний блок має один вхід, на який може надходити ціле число в діапазоні від 0 до 7 від іншого функціонального блока стратегії, і призначений для відтворення звукових файлів у процесі виконання стратегії за допомогою звукового адаптеру, що входить до складу комп'ютера. Кожному значенню може відповідати окремий звуковий файл.

У системі автоматизації широко використовуються двигуни. Для цих виконавчих механізмів потрібен блок двохпозиційного регулювання.

Налагодження блоку приведено на рисунку 4.6.

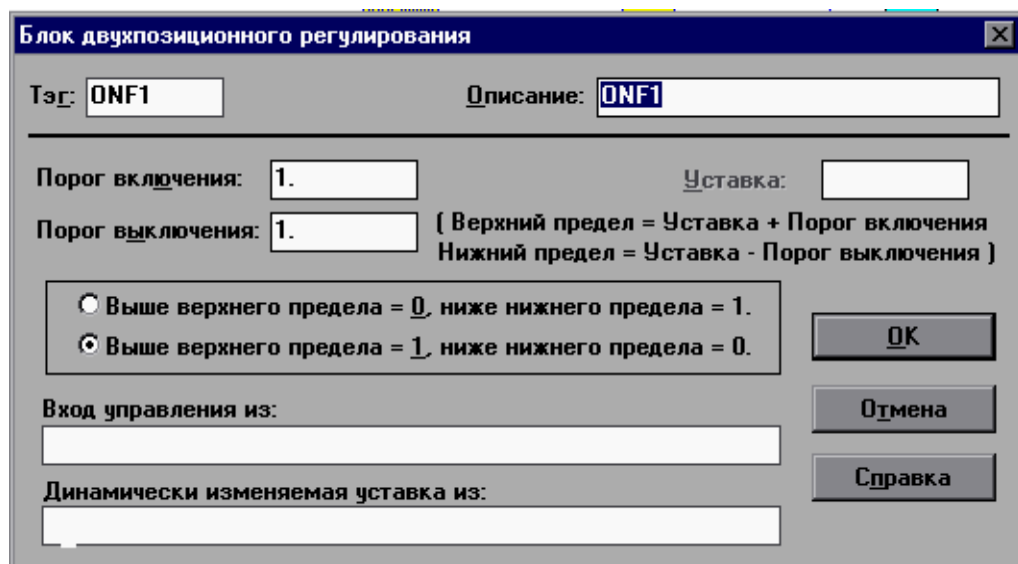


Рисунок 4.6 – Настройка блока двопозиційного регулювання

Даний блок призначений для реалізації найпростішого алгоритму двопозиційного керування і має вхід, на який подається сигнал зворотного зв'язку від об'єкта керування, і дискретний вихід, логічний стан якого залежить від поточного значення на вході, заданої уставки і значень порогів вмикання і вимикання.

Алгоритм непропорційного (двопозиційного) регулювання складається в тому, що керований об'єкт перекладається регулятором в одне з двох станів (включений або виключений) у залежності від співвідношення між вимірюваними значеннями сигналу зворотного зв'язку, уставкою і порогамі вмикання/ вимикання.

Поле “Уставка” повинне містити значення, з яким зрівнюється сигнал зворотного зв'язку на вході блока. Уставка може бути фіксованої або динамічно змінюваної сигналом від іншого функціонального блока стратегії.

Поле “Поріг вимикання” повинно містити значення, що визначає зону нечутливості регулятора при формуванні вихідного сигналу, що виключає об'єкт керування. Нижня межа регулювання визначається шляхом вирахування порога вимикання зі значення уставки.

Поле “Поріг включення” повинно містити значення, що визначає зону нечутливості регулятора при формуванні вихідного сигналу, що включає об'єкт керування. Верхня межа регулювання визначається шляхом підсумовування порога вимикання і значення уставки. Крім того, логічні стани вихідного сигналу регулятора можуть бути встановлені в необхідному порядку шляхом установки у відповідне положення перемикача “Вище верхньої межі...” діалогової панелі настроювання параметрів блока.

Блок двохпозиційного керування має два входи (рисунок 4.7): вхід зворотного зв'язку та уставка.

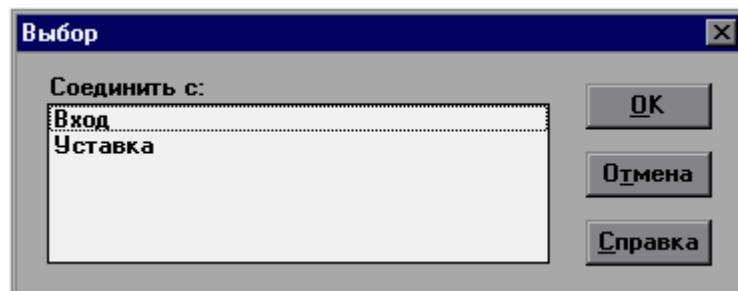


Рисунок 4.7 - Настройка входов блока двохпозиційного керування

Блок має один дискретний вихід, логічний стан якого може бути передано іншим функціональним блокам або елементам відображення стратегії. Уставка блока вноситься і може змінюватися оператором, наприклад, через інкрементний регулятор.

Вихід блоку з'єднано з блоком дискретного виведення (рисунок 4.8). Даний функціональний блок призначений для передачі інформації, яка одержується від інших функціональних блоків, елементів відображення або

інших додатків Windows за допомогою механізму динамічного обміну даними (DDE), пристроям, що мають підсистему виводу дискретних сигналів.

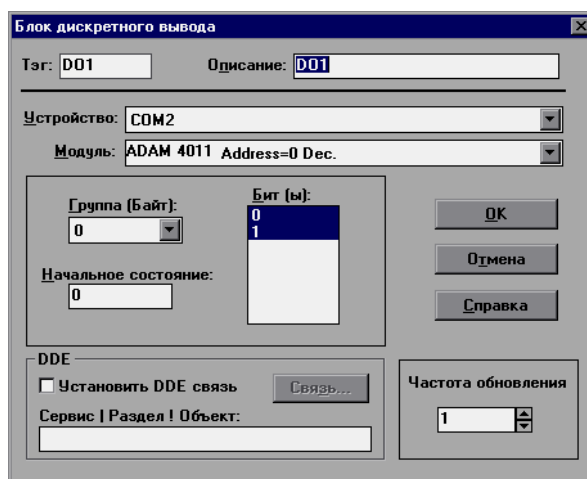


Рисунок 4.8 – Налагодження блоку дискретного виведення

Блок з'єднано з пристроєм ADAM 4060 – модуль релейної комутації, який керує пускачами двигунів виконавчих механізмів системи.

Усі блоки з інформацією зміни параметрів з'єднано з блоком архівації даних. Налагодження блоку показане на рисунку 4.9. Даний блок призначений для запису у файл інформації, що надходить на його входи. Інформація зберігається у файлі і представляється в форматі ASCII.

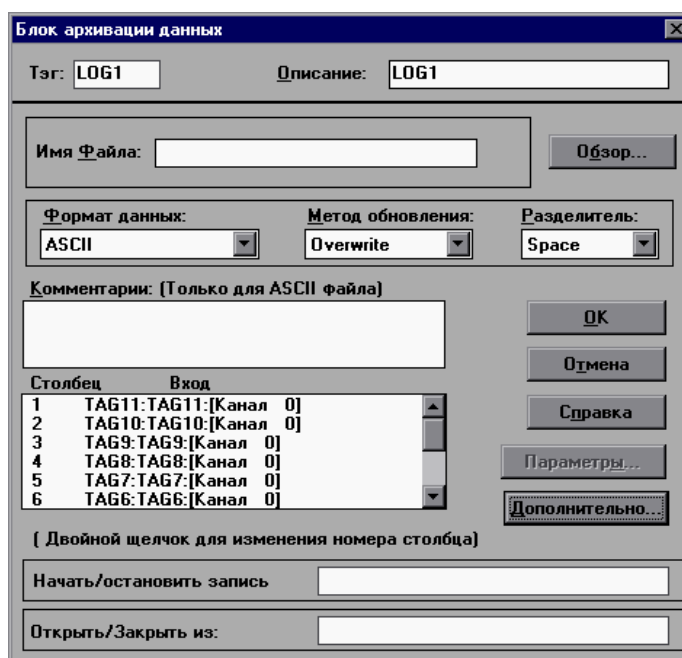


Рисунок 4.9 – Налагодження блоку архівації даних

Налагодження входів блоку наведено на рисунку 4.10. Блок має входи

- “ВКЛ/ВИКЛ реєстрацію даних”;
- “Відкрити/Закрити керування”;
- “Дані для реєстрації”.

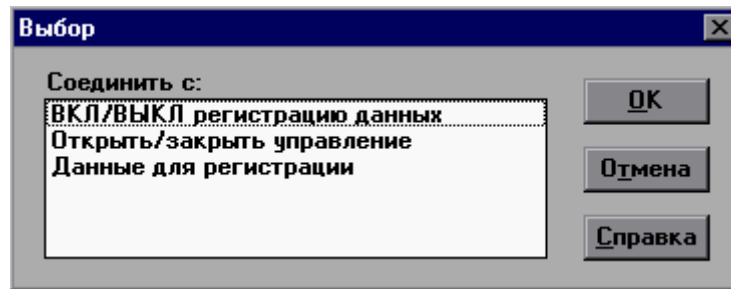


Рисунок 4.10 - Налагодження входів блоку архівації даних

На вхід “Дані для реєстрації” подається інформація з усіх датчиків (ТЕГів). Оператор за допомогою кнопки “Реєстрація даних”, яка підключається до блоку за допомогою ТЕГа VBTN1 включає чи виключає процес реєстрації даних.

Стратегія управління технологічним процесом дозування шихти та завантаження її до вапняково–випалювальної печі, що розроблена в редакторі задач SCADA-пакета «Genie 3.0», наведена в додатку В.

4.4 Розробка графічного інтерфейсу оператора системи

Згідно з технічним завданням на дипломне проєктування графічний інтерфейс оператора повинен складатися з графічного зображення процесу та об’єктів візуалізації його елементів.

Для виводу вимірних значень тиску у верхній частині печі (розрідження) використовується цифровий індикатор.

Налагодження індикатора зображене на рисунку 4.11

Елемент відображення “Цифровий індикатор” може бути поміщений у вікно форми відображення і зв’язаний з вихідною змінною функціонального блока задачі, що входить у стратегію. Є можливість установки необхідних розмірів індикатора. Цифровий індикатор може використовуватися для відображення дійсних (з плаваючою точкою) і цілочислових змінних, а також текстових рядків. Крім того, є можливість установки необхідної кількості цифр після десяткової точки при відображенні дійсних значень. Також можливий вибір типу шрифту, його кольору і розміру, а також методу вирівнювання відображуваного значення або рядка.

Відображення усіх процесів завантаження, а також сигналізація на екрані, відбувається за допомогою індикаторів, які змінюють свій колір в залежності від встановлених верхньої та нижньої межі на первинному

вимірювальному приладі. Цей прилад формує сигнал логічної одиниці на першому каналі, якщо виконується якась операція у даний момент часу (для індикаторів процесів) та якщо не виконується якийсь процес (для аварійних індикаторів) і сигнал логічного нуля у іншому разі.

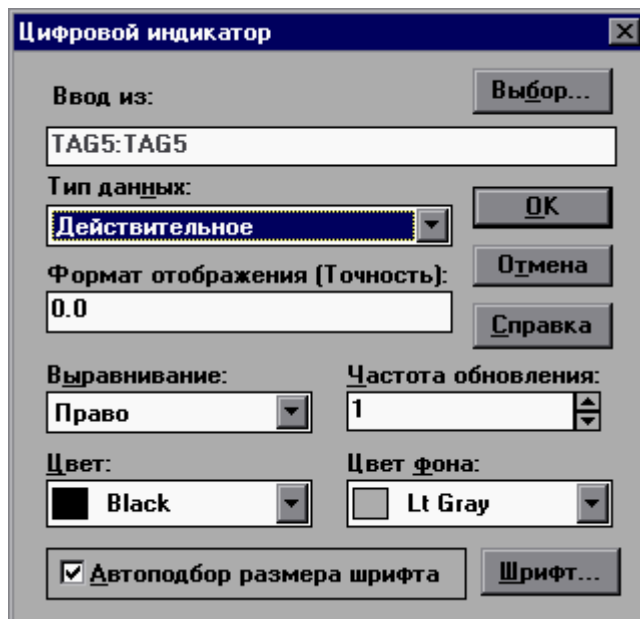


Рисунок 4.11 – Налagodження формату цифрового індикатора

Цифрові індикатори підключені до блоку архіву тривог для верхньої та нижньої межі, який на виході формує одиницю при появленні аварійної ситуації. Налagodження індикатора зображене на рисунку 4.12.

Даний елемент відображення являє собою одиничний індикатор, призначений для відображення логічного стану пов'язаного з ним дискретного виходу функціонального блока стратегії.

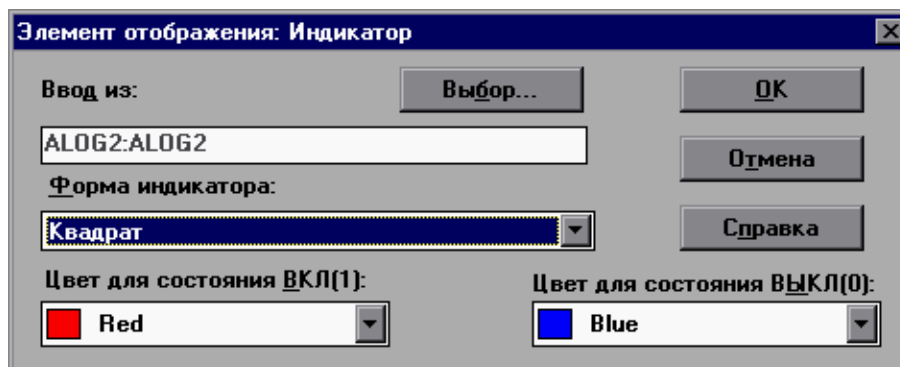


Рисунок 4.12 – Налagodження входу цифрового індикатора

Індикатор переводиться в стан “Включений” тільки при появленні логічної одиниці на виході пов'язаного з ним функціонального блока. Індикатор переводиться у стан “Виключений” при появленні логічного нуля

на виході пов'язаного з ним функціонального блока. Розміри, форма і колір індикатора в різних станах можуть бути встановлені за допомогою діалогової панелі налаштування параметрів індикатора.

Для відображення рівня шихти у випалювальній печі, використовується елемент відображення – лінійний індикатор (рисунк 4.13).

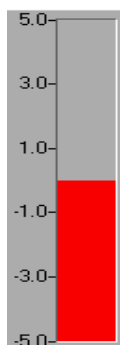


Рисунок 4.13 – Лінійний індикатор

Даний елемент відображення призначений для графічного представлення параметра, що надходить від приєднаного функціонального блока стратегії, у вигляді зафарбованого прямокутника, довжина однієї зі сторін якого змінюється пропорційно розміру параметра. Елемент відображення може бути пов'язаний з одною з змінних задачі, що входить у стратегію. Є можливість вибору кольору і розміру рухливої частини індикатора. Налаштування індикатора наведено на рисунку 4.14.

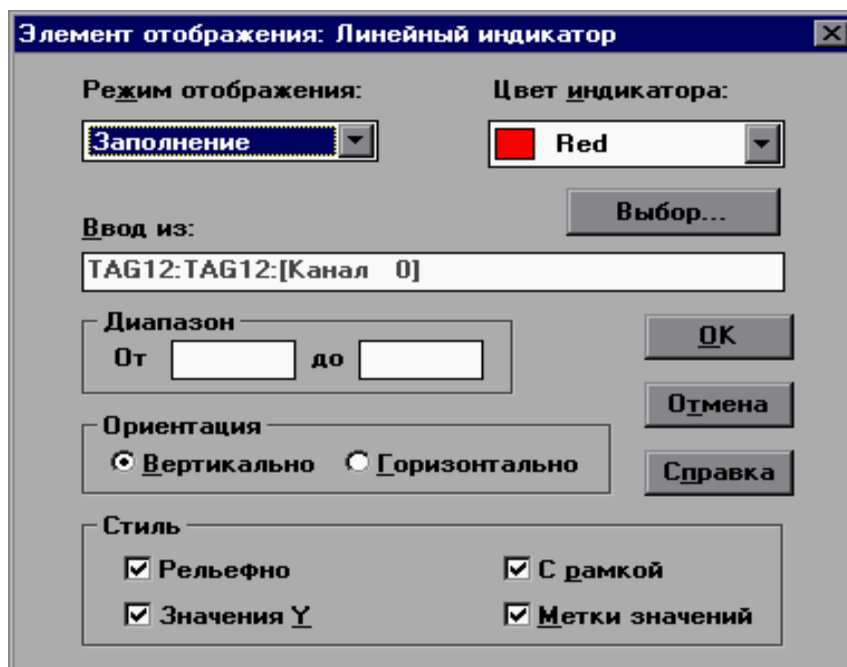


Рисунок 4.14 - Налаштування лінійного індикатора

На графічному інтерфейсі оператора застосовано кілька лінійних індикаторів. Вони з'єднані з ТЕГами (TAG11 - TAG13), які відповідають за збереження даних про рівень не тільки шихти в печі, але і рівнів вугілля та вапняку у бункерах, що не передбачено технічним завданням, але зроблене з метою подальшого розширення функцій системи.

За допомогою інкрементного регулятора, який зв'язаний з іншими блоками стратегії через блок ТЕГ NCT1 (рисунок 4.15), оператор вносить та змінює вагу вугілля, яке подається до ковшу скіпової лебідки, а потім у піч.



Рисунок 4.15 – Інкрементний регулятор

Налагодження регулятора показане на рисунку 4.16.

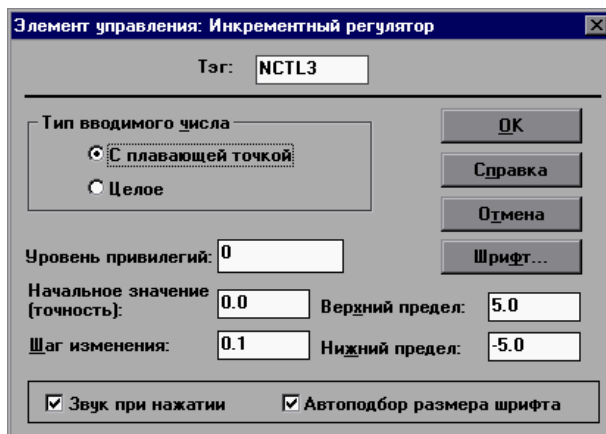


Рисунок 4.16 – Налагодження інкрементного регулятора

Елемент управління “Інкрементний регулятор” може бути поміщений у вікно форми відображення і зв'язаний з вхідною змінною функціонального блока задачі, що входить у стратегію, і/або елементами відображення. Є можливість установки необхідних розмірів регулятора. Інкрементний регулятор призначений для введення оператором числових значень за допомогою клавіатури або миші і передачі введених значень зв'язаному функціональному блоку стратегії, що дозволяє реалізовувати функції оперативного диспетчерського керування.

Введені значення можуть бути цілого або дійсного типу. Формат введеного значення (кількість цифр після десяткової точки) може бути встановлений тільки для дійсних чисел.

Основний екран графічного інтерфейсу оператора АСУТП, що

розроблений в редакторі форм відображення SCADA «Genie 3.0», наведений в додатку Г.

4.5 Розробка програмного забезпечення автоматичного формування звіту

Звіт про роботу системи розробляється за допомогою підпункту “Звіт” пункту головного меню “Налагодження”. Звіт формується за допомогою редактору звітів (рисунок 4.17).

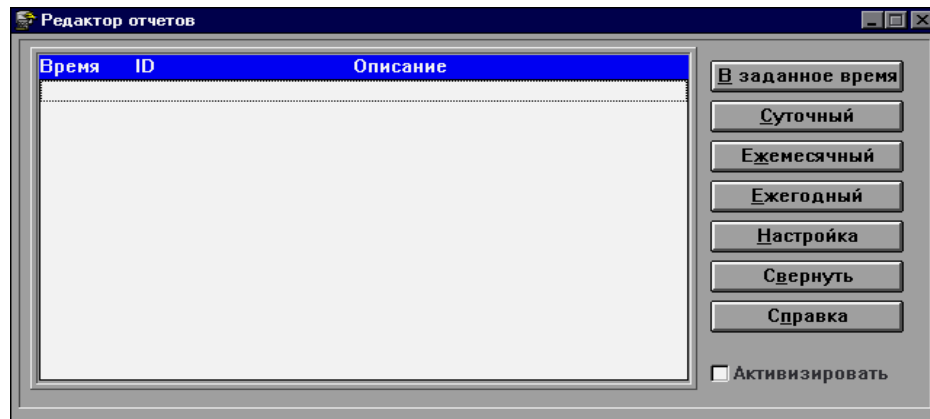


Рисунок 4.17 – Вікно редактора звітів

В ньому вибирається тип звіту (в заданий час, добовий, місячний, річний). Налаштування формату звіту приведені на рисунку 4.18.

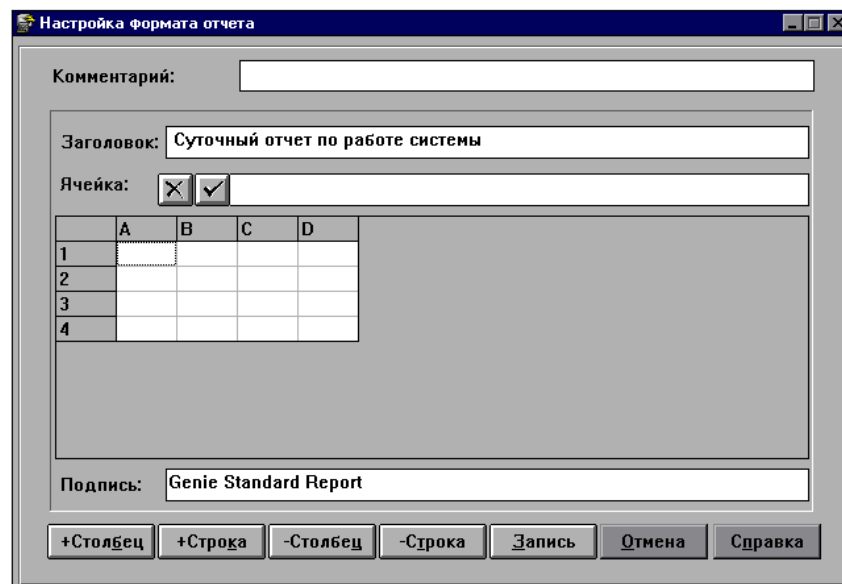


Рисунок 4.18 – Налаштування формату звіту

В пункті налагодження вибирається каталог, де буде розміщуватись звіт, та термін його зберігання. Для системи управління процесами дозування шихти та завантаження її до вапняково-випалювальної печі достатньо добового звіту, в якому будуть зберігатися максимальні та мінімальні величини параметрів процесу за добу. В пункт “Статус друкування” встановимо “Викл.”. При потребі оператор сам роздрукує звіт (файл *.frm).

Таблиця звіту підтримує таблиці Excel і має спеціальні значення, які наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Спеціальні значення комірок таблиці Excel

Символ	Формат	Опис	Приклад
&	H	Рядок символу Заголовка Повідомлення	&Hcentral Air Report
&	T	Нижній Колонтитул символу рядка Повідомлення	&TGenie Standard Report
\$	MAX	Максимальна величина певного TAG за період звіту	\$MAX(@TASK1#AI1[01])
\$	MAXT	Запис часу перевищення змінної max. Значення	\$MAXT(@TASK1#AI1[01])
\$	MIN	Мінімальне значення TAG за період звіту	\$MIN(@TASK1#AI1[01])
\$	MINT	Запис часу коли перемінна менше min. Значення	\$MINT(@TASK1#AI1[01])
:	abcd	Текст, що повинний відображатися, коли величина повернута з точки TAG дорівнює нулю. Max. 20 символів. Використане головним чином для Цифрових Вхідних точок TAG	\$NOW(@TASK1#DI1[01]:Open Close)
	dbca	Текст, що повинен відображатися, коли величина повернута з точки TAG не дорівнює нулю. Max. 20 символів. Використане головним чином для Цифрових Вхідних точок TAG	NOW(@TASK1#DI1[01]:Open Close)
\$	DATE	Поточна Дата	\$DATE
\$	TIME	Поточний час	\$TIME
ЎA		Поділ стовпчика з вертикальним рядком	
ЎF		Поділ Стовпчика без вертикального рядка	

Оформлення звіту наведено в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 - Оформлення звіту

&H Добовий звіт	Дата	Час	Аварії (год.)	
	\$DATE	\$TIME		
Рівень	MAX	MIN	MIN	MAX
Рівень в бункері з вапном	\$MAX(@TASK1#TAG11)	\$MIN(@TASK1#TAG11)	\$MINT(@TASK1# TAG11)	\$MAXT(@TASK1# TAG11)
Рівень в бункері з вугіллям	\$MAX(@TASK1#TAG12)	\$MIN(@TASK1#TAG12)	\$MINT(@TASK1# TAG12)	\$MAXT(@TASK1# TAG12)
Рівень шихти в печі	\$MAX(@TASK1#TAG13)	\$MIN(@TASK1#TAG13)	\$MINT(@TASK1# TAG13)	\$MAXT(@TASK1# TAG13)
Тиск				
Розрідження в печі	-	-	\$MINT(@TASK1# Alog1)	\$MAXT(@TASK1# Alog2)

На цьому розробку прикладного програмного забезпечення автоматизованої системи управління технологічним процесом виробництва вапнякового молока на стадіях дозування шихти та завантаження її до вапняково-випалювальної печі можна вважати закінченою.

Висновки

В результаті виконання даного бакалаврського дипломного проєкту була розроблена на основі рекомендацій діючих стандартів концепція функціональної структури нової інтегрованої системи управління цукровим заводом, в складі якої детально спроектована автоматизована система управління технологічним процесом виробництва вапнякового молока. Ця система у порівнянні з існуючими аналогічними системами дозволяє забезпечити точний і об'єктивний контроль всіх параметрів процесу, вимагаючи при цьому менших витрат коштів та часу на її реалізацію на конкретному цукровому заводі.

Проектування автоматизованої системи управління технологічним процесом виконувалось за допомогою інструментальної системи SCADA «Genie», що у значній мірі і забезпечило зменшення витрат часу та коштів на процес розробки системи. Крім того, був проведений аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизованого управління, зроблений обґрунтований вибір програмно-апаратних засобів автоматизації по критерію «функціональність/ціна», розроблені електрична структурна схема та функціональна схема автоматизації системи, а також спроектовані окремі програмні модулі її ПЗ та графічний ЛМІ для ПК оператора.

Література

1. Тимчук А.О., Папінов В.М. Автоматизована система управління технологічним процесом виробництва вапнякового молока на цукровому заводі / Матеріали щорічної НТК викладачів та студентів ВНТУ (Вінниця, ВНТУ, березень 2024 р.) [Електронний ресурс]. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2024/paper/view/20775/17198>.
2. Волошин З.С. та ін. Автоматизація цукрового виробництва. – К.: Нива, 1990. – 348 с.
3. Волошин З.С. та ін.. Довідник спеціаліста КВПіА цукрової промисловості. – К.: Нива, 1985. – 420 с.
4. Азрилевич М.Я. Технологічне устаткування цукрових заводів: Підручник для ПТУ. – К.: Освіта, 1986.- 437 с.
5. Сапронов А.Н. та ін. Загальна технологія цукру та цукрових речовин: Підручник. – К.: Вища школа, 1990. – 332 с.
6. Бугаєнко І.Ф. Технологічний контроль цукрового виробництва: Підручник для студентів вузів. – К.: Вища школа, 1989. – 298с.
7. Промислові прилади та засоби автоматизації: Довідник /Під ред. Баранова В.Я. - К.: Машинобудування, 1987. – 564 с.
8. Яковлев О. Системи автоматизації технологічних процесів цукрового виробництва / Яковлев О., Танцюра С., Войтюк А., Рудаков Ю., Латишев С., Волков В., Рак М., Круглий Н.// Сучасні технології автоматизації. – 2010. - №1. – С.44-53.
9. Інформаційно-аналітична система управління цукровим виробництвом на базі рішень "Proficy" компанії "GE Fanuc" [Електронний ресурс]. URL : <http://www.indusoft.com.ua/articles.php?id=335>.
10. Група Компаній CTS: Реалізовані проєкти. [Електронний ресурс]. URL : <http://www.ctsgroup.com.ua/projects/?pid=302>.
11. Закрите акціонерне товариство "Сєверодонецьке науково-виробниче об'єднання "ІМПУЛЬС": АСУ ТП цукрового заводу. [Електронний ресурс]. URL : <http://www.imp.lg.ua/sugar.html>.
12. Комп'ютерна автоматизація цукрових заводів (сайт холдингу ООО "Кред") [Електронний ресурс]. URL : <http://www.citynet.odessa.ua/sugar/>.
13. Сайт фірми ТМА - Content. Напрями діяльності [Електронний ресурс]. URL : <http://www.tma.ua/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=2>.
14. Корпорація "СКІФ" [Електронний ресурс]. URL : http://www.skifcorp.com.ua/index.php?l=_r.
15. Вексклярський В.Ю. и ін. Комплексна автоматизована система управління вапняково-випалювального відділення Жабинковського цукрового заводу / Вексклярський В.Ю., Дагаєв А.Ю., Докучаєв О., Кабальський Г.В.,

- Марченко М.В., Ковалевський Н.П., Кудрин В.В., Солоной І.М. [Електронний ресурс]. URL : <http://msi.net.ua/products/auto/asu.html>.
16. Пупена О., Ельперін І., Міркевич Р. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - Т.8. - №3. – 2016.
17. ISA-88/95/106 в Україні [Електронний ресурс] / URL : <https://sites.google.com/site/isa88inua/home>.
18. Пупена О. М. Практичні рекомендації до реалізації елементів стандарту ІЕС 61512 в програмному забезпеченні систем керування/ О. М. Пупена, Р. М. Міркевич, О. М. Клименко. – К: АППАУ, ТК 185 «Промислова автоматизація», 2020. – 46 с.
19. MESA Model: A Framework for Smarter Manufacturing [Електронний ресурс] / URL : <https://mesa.org/topics-resources/mesa-model/>.
20. Shraddha Kakade. Manufacturing execution system (MES) [Електронний ресурс] / URL : <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/manufacturing-execution-system-MES>.
21. Itskovich Emmanuil. Fundamentals of Design and Operation of Manufacturing Execution Systems (MES) in Large Plants [Електронний ресурс]/ URL: <https://dplp.org/rec/conf/mim/Itskovich13.bib>.
22. Автоматизація процесів: навчальний курс [Електронний ресурс] / URL : <http://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/index.html>.
23. ЕАМ: системи управління активами підвищують надійність та ефективність виробництва [Електронний ресурс] / URL: <http://ua.automation.com/content/eam-cistemy-upravlenija-aktivami-povyshajut-nadezhnost-i-jeffektivnost-proizvodstva>.
24. Аджмері А. ЕАМ-система: підвищує ефективність експлуатації й ТО [Електронний ресурс] / URL: <http://ua.automation.com/content/eam-sistema-povyshaem-jeffektivnost-jekspluatacii-i-to>.
25. SCADA система TRACE MODE [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.tracemode.ua/products/dev/scada>.
26. Work Order Software with Chat: Revolutionizing Maintenance [Електронний ресурс] / URL: https://www.getmaintainx.com/blog/work-order-software-chat-the-next-big-thing-in-2022/?~channel=Direct%20Traffic&~feature=organic&~campaign=%2F&~last_page_seen=https%3A%2F%2Fwww.getmaintainx.com%2F.
27. Все необхідне для автоматизації на базі PC: Каталог продукції фірми ADVANTECH. – Prosoft, 2017. – 490 с.
28. Офіційний сайт компанії "СВ АЛТЕРА" в Україні [Електронний ресурс]/ URL: www.svaltera.ua.
29. Призначення, структура і основні функції SCADA – систем [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.votum.if.ua/uk/publications/scada.htm>.

30. Системи візуалізації. SCADA-системи [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.svaltera.zp.ua/?inc=prod/scada/>.
31. ПРОМСАТ - SCADA системи [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.promsat.com/list/scadasys/>.
32. SCADA-система CITECT як інструмент інтеграції технологічних даних [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.atlas.kiev.ua/rus/scada.html>.
33. SCADA система TRACE MODE 6 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.tracemode.ua/products/dev/scada>.

Додатки

Додаток А

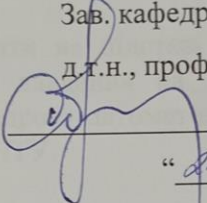
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет
факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри АІТ ВНТУ

д.т.н., професор

 Олег БІСКАЛО

“ 24 ” 05 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломне проектування

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ

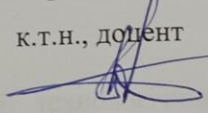
ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ВАПНЯКОВОГО МОЛОКА НА

ЦУКРОВОМУ ЗАВОДІ

08-31.БДП.022.00.000 ТЗ

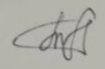
Керівник дипломного проекту

к.т.н., доцент

 Владислав КАБАЧІЙ

“ 10 ” 06 2024 р.

Виконавець: студент гр.1АКІТ-206

 Андрій ТИМЧУК

“ 10 ” 06 2024 р.

Вінниця 2024

1 Назва і галузь застосування

Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) виробництва вапнякового молока на цукровому заводі.

АСУТП призначена для роботи у складі інтегрованої системи автоматизованого управління цукровим заводом.

2 Підстава для розробки та назва організації, що проектує

Розробку АСУТП здійснювати на підставі наказу по університету №__ від _____ 20__ р. та завдання на дипломне проектування, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій (АІТ) ВНТУ.

3 Мета та призначення розробки

Метою розробки є сучасна АСУТП, яка забезпечить оператора об'єктивною та оперативною інформацією про хід технологічного процесу (ТП), здійснить якісний контроль і регулювання основних технологічних параметрів ТП, збільшить надійність ТП за рахунок автоматичного захисту промислового обладнання та підвищить ефективність роботи цукрового заводу в цілому завдяки інтеграції з його автоматизованою системою управління виробництвом (АСУВ).

АСУТП призначена для збору/обробки інформації й автоматично управління обладнанням станцій дозування та завантаження шихти до вапняково-випалювальної печі.

4 Джерела розробки

1. Яковлев О. Системи автоматизації технологічних процесів цукрового виробництва / Яковлев О., Танцюра С., Войтюк А., Рудаков Ю., Латишев С., Волков В., Рак М., Круглий Н.// Сучасні технології автоматизації. - 2010. - №1. - С.44-53.
2. Волошин З.С., Макаренко Л.П., Яцковский П.В. Автоматизация цукрового виробництва. – К.: Нива, 1990. – 380 с.

5 Показники призначення

5.1 Виробничі умови експлуатації автоматизованої системи

АСУТП відноситься до стаціонарної радіоелектронної апаратури, що працює в опалювальних приміщеннях :

- температура оточуючого середовища $t_{\min}=10^{\circ}\text{C}$, $t_{\max}=55^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість при $t=25^{\circ}\text{C}$ становить 80%;
- механічні впливи відсутні;
- вібрація в діапазоні частот від 10 до 30 Гц;
- максимальне віброприскорення $19,6 \text{ м/с}^2$;
- лінійне прискорення відсутнє;
- знижений атмосферний тиск 61 кПа.

Спостерігається наявність загальнопромислових електромагнітних завад.

5.2 Основні характеристики об'єкту управління

Основними характеристиками об'єкту управління, що впливають на алгоритм роботи системи управління, є:

- рівень шихти в печі випалювання;
- рівень вапнякового каменю в бункері зберігання;
- рівень вугілля в бункері зберігання;
- падіння розрідження у верхній частині печі.

Характеристики речовини, яку виробляє технологічне обладнання: обпалене вапно та сатураційний газ – результати хімічного процесу.

Габаритні розміри технологічного обладнання:

- довжина транспортира подачі шихти 5 м;
- довжина шляху ковша 8м;
- висота бункерів палива та вапна 7м;
- тривалість роботи поворотного лотка 10-12с;
- тривалість розвантаження шихти з ковша 4-8с.
- вага одної завантаження шихти знаходиться в межах 80-350кг.

5.3 Вихідні параметри, що підлягають регулюванню

Регулюванню під час технологічного процесу підлягають наступні вихідні параметри:

- рівень шихти в печі випалювання (номінальне значення $h= 1,5\text{м}$, $h_{\max}= 2,0\text{м}$, $h_{\min}=3,0\text{м}$).

5.4 Параметри та характеристики, що необхідно контролювати чи вимірювати в процесі управління

Під час процесу управління вимірюванню та контролю підлягають:

- розрідження у верхній частині печі (номінальне значення 25 Па, мінімальне 30 Па, максимальне 20 Па);
- вага шихти, яка загружається у піч (номінальне значення 800 кг, мінімальне 750 кг, максимальне 850кг);
- рівень шихти у печі (номінальне значення 1,5м, мінімальне 2,0 м, максимальне 3,0 м);

5.5 Управляючі дії та місце їх прикладення

Положення регулюючого органа (виконавчого механізму) регулюється первинним приладом реєстрації.

5.6 Передбачені дії оператора у разі виникнення аварійних ситуацій

У разі виникнення однієї з аварійних ситуацій:

- поточне значення тиску виходить за межі вимірювань;
 - значення вимірюваних рівнів шихти в печі, вапнякового каменя та вугілля в бункерах виходять за допустимі межі;
 - затримка завантаження ковша шихтою;
 - відмова роботи приводу поворотного лотка;
 - ослаблення натягу троса ковша,
- передбачені наступні дії оператора:
- огляд журналу реєстрації тривог для визначення місця аварії;
 - зміна режиму розвантаження шихти з печі;
 - відключення всієї схеми управління дозування та завантаження шихти в піч;
 - після усунення аварійної ситуації здійснити подачу напруги живлення у схему управління.

5.7 Просторове розташування об'єкту та операторської станції

Об'єкт розташований від АРМ на відстані 300м в неопалювальному приміщенні. Лінія послідовної передачі реалізована з урахуванням інтерфейсу RS-485, що дозволяє передавати повідомлення на відстань до 1200 м на 32 приймача. Лінія передачі реалізована у вигляді витой пари, що захищена від загальнопромислових завад.

5.8 Основні екранні форми відображення технологічного процесу

Технологічний процес повинен бути відображений за допомогою головної екранної форми, на якій розташовуються органи управління та прилади індикації. Використовуються додаткові форми для більш зручного сприйняття інформації про параметри, що контролюються.

5.9 Вимоги до форм звітності

Основними формами звітності є журнал аварійних ситуацій, звіт про тиск у печі, рівні вапнякового каменю, вугілля та шихти.

6 Стадії розробки

Розділ "Техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту" та розробка структурної електричної схеми АСУТП мають бути виконані до 24.05.24 р.;

Розробка функціональної схеми автоматизації АСУТП має бути виконана до 31.05.24 р.;

Розробка програмного забезпечення АСУТП повинно бути виконано до 10.06.24 р.;

7 Порядок контролю та приймання

Рубіжний контроль – 10.06.24 р.

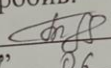
Попередній захист – 14.06.24 р.

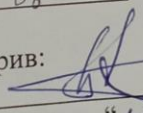
Захист ДП – в період з 20.06.24 р. по 30.06.24 р. за графіком, встановленим кафедрою АІТ.

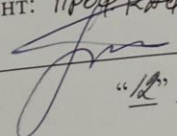
Додаток Б
(обов'язковий)

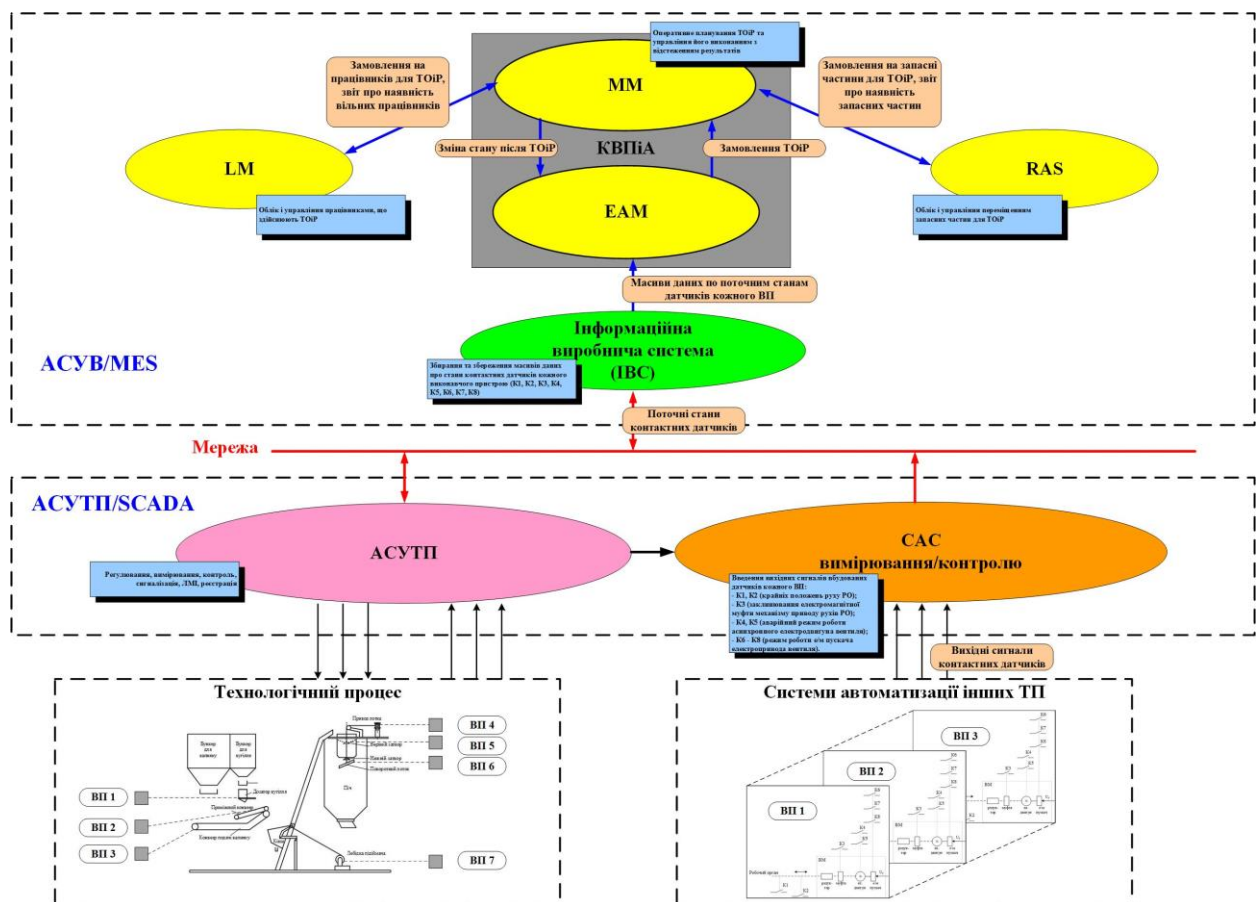
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

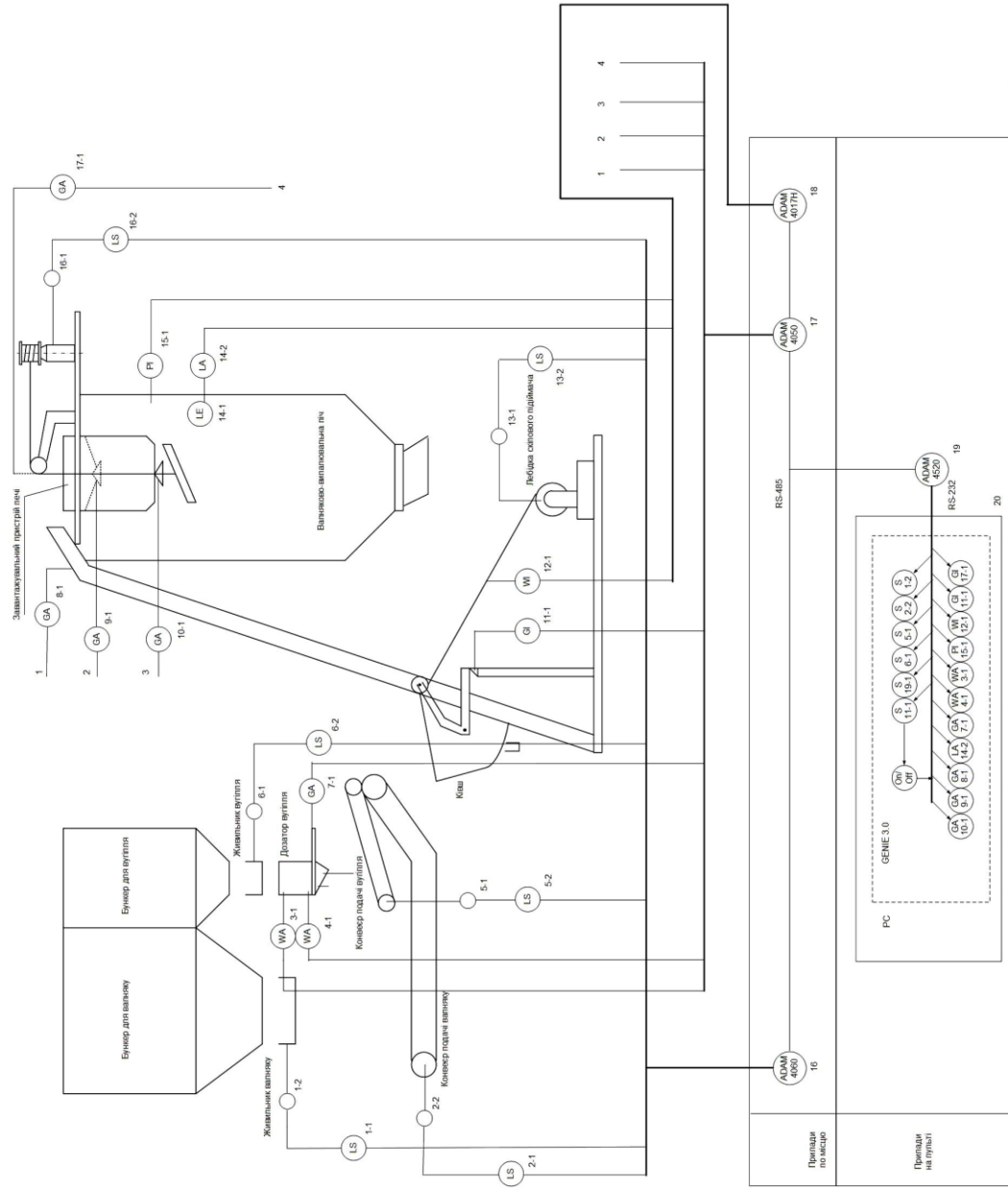
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ
ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ВАПНЯКОВОГО МОЛОКА НА
ЦУКРОВОМУ ЗАВОДІ

Розробив:  Тимчук А.О.
"10" 06 2024 р.

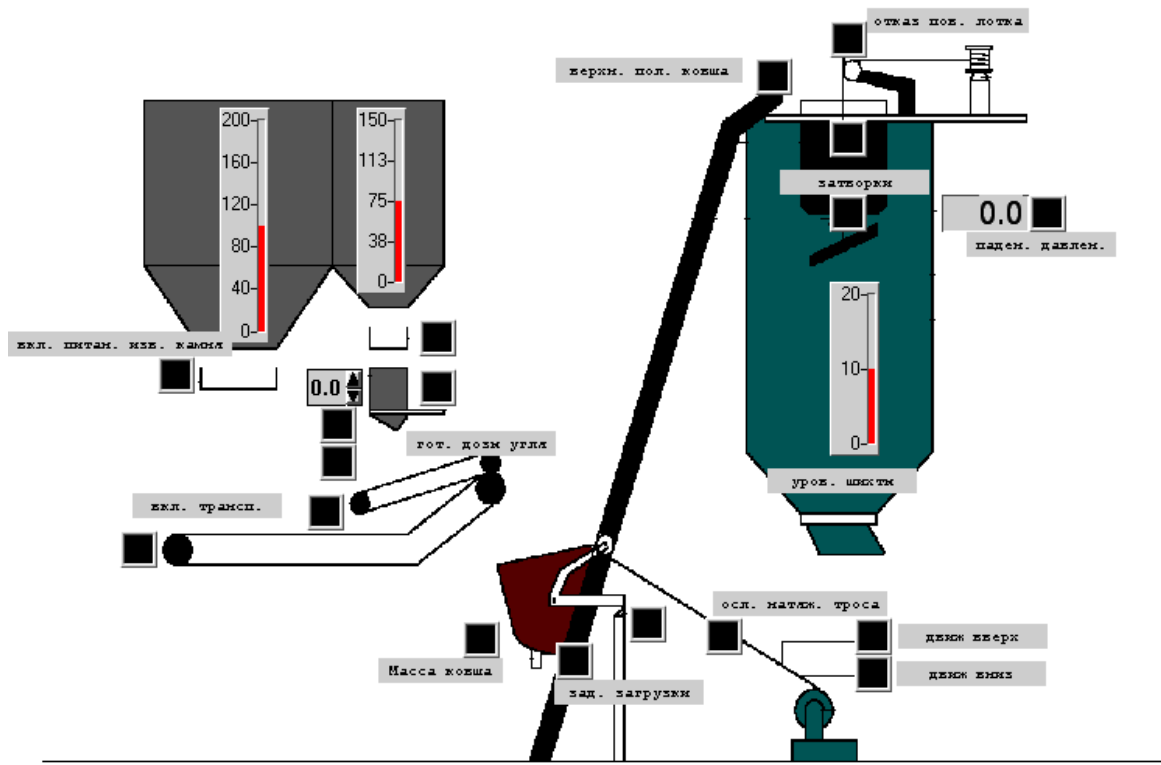
Перевірив:  Кабачій В.В.
"10" 06 2024 р.

Рецензент: ~~проф. каф. КСУ~~ Биков М.М.

"12" 06 2024 р.



[illegible]

Додаток Г
(інформаційний)
Графічний інтерфейс оператора АСУТП



Додаток Д
(обов'язковий)

Протокол перевірки дипломного проєкту на наявність текстових
запозичень

Назва роботи: « Автоматизована система управління технологічним процесом
виробництва вапнякового молока на цукровому заводі»

Тип роботи: Бакалаврський дипломний проєкт
(БДР, МКР)

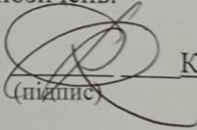
Підрозділ АПТ, ФІТА
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

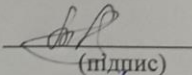
Оригінальність 90,27% Схожість 9,73%

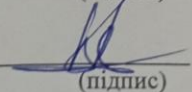
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Костянтин ОВЧИННИКОВ
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи  Андрій ТИМЧУК
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Владислав КАБАЧІЙ
(підпис) (прізвище, ініціали)

