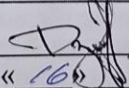


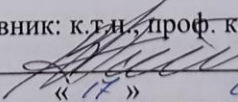
Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

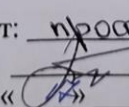
**Бакалаврська кваліфікаційна робота
(у формі проєкту) на тему:**

**«СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ХЛІБОБУЛОЧНОГО
ВИРОБНИЦТВА»**

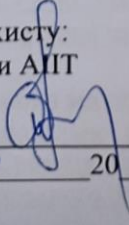
Виконав: студент IV курсу, групи АКІТР-23мс,
спеціальності 174 – Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка

 Дмитро ЗАЛУЗНЯК
« 16 » 06 2025 р.

Керівник: к.т.н., проф. кафедри АІТ
 Володимир ПАПІНОВ
« 17 » 06 2025 р.

Рецензент: проф. каф. КСУ, к.т.н.
 Микола БУРОВ
« 18 » 06 2025 р.

Допущено до захисту:
завідувач кафедри АІТ
Олег БІСІКАЛО


« 18 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Дніницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 17 – «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри АІТ

д.т.н., професор Олег БІСІКАЛО

“ ” 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Залузняку Дмитру Борисовичу

1. Тема роботи «Система автоматизації для промислового хлібобулочного виробництва»

керівник проекту Папінов Володимир Миколайович, к.т.н., проф.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97 .

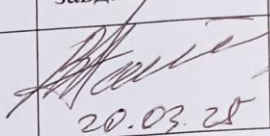
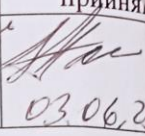
2. Термін подання студентом роботи 10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Система автоматизованого обліку (CAO) борошна для промислового хлібобулочного виробництва є складовою частиною автоматизованої системи управління (АСУ) технологічними процесами (АСУТП) безтарного зберігання борошна, яка, у свою чергу, є підсистемою АСУ виробництвом (АСУВ) хлібобулочного підприємства (ХБП). В ході ТП має контролюватися маса m борошна, яке або засипається, або забирається з силосу. По відомій поточній масі борошна в силосі система має запобігати переповненню силосу або спроб забрати борошно з майже пустого силосу. Також в режимі м'якого реального часу система має вимірювати масу автомобіля, що привіз борошно на ХБП, і зміну маси борошна в силосі під час його закачування з автомобіля. Маса борошна в силосі повинна знаходитись в заздалегідь встановленому діапазоні. Під час викачування або закачування борошна з/в силос вимірюється тривалість кожної такої операції, а також фіксується час її початку і закінчення. Система має також автоматично фіксувати наявність руху борошна в трубах, що застосовуються для закачування та викачування борошна в/з силосу

4. Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проекту. 2) Концептуальне проектування інтеграції CAO з АСУВ підприємства. 3). Проектування технічної частини CAO. 4) Проектування програмної частини CAO

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1) Концепція функціональної структури інтегрованої системи автоматизації. Плакат демонстраційний 2) Система автоматизованого обліку. Схема електрична структурна. 3) Система автоматизованого обліку. Схема автоматизації функціональна.

6. Консультанти розділів проєкту

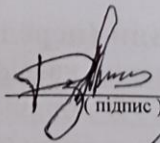
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Папінов В.М., професор кафедри АІТ	 20.03.25	 03.06.25

7. Дата видачі завдання 20.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

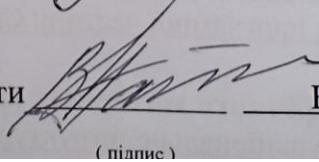
№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи (у формі проєкту)	Термін виконання		Пр
		початок	закінчення	
1	Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту	03.10.2024	09.10.2024	Вик
2	Розробка концепції функціональної структури інтегрованої системи автоматизації	12.03.2025	29.03.2025	Вик
3	Розробка технічного завдання на дипломне проєктування	01.04.2025	26.04.2025	Вик
4	Розробка електричної структурної схеми системи	29.04.2025	10.05.2025	Вик
5	Розробка функціональної схеми автоматизації системи	13.05.2025	24.05.2025	Вик
6	Проектування програмного забезпечення системи	27.05.2025	31.05.2025	Вик
7	Перевірка ПЗ на відповідність вимогам	03.06.2025	07.06.2025	Вик
8	Попередній захист, доопрацювання, та рецензування БКР	10.06.2025	15.06.2025	Вик
9	Захист БКР	16.06.2025	23.06.2025	Вик

Студент


(підпис)

Дмитро ЗАЛУЗЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир ПАПІНОВ
(прізвище та ініціали)

Анотація

Бакалаврська кваліфікаційна робота у формі проекту складається з 76 сторінок формату А4, на яких є 26 рисунків, 4 таблиць, список використаних джерел містить 33 найменувань.

Метою проекту є підвищення якісних показників обліку борошна на хлібобулочному підприємстві шляхом розробки автоматизованої системи обліку на основі сучасних програмно-апаратних засобів автоматизації та автоматизованої системи проєктування (САПР) програмного забезпечення.

У загальній частині роботи проведений аналіз існуючих автоматизованих систем, обґрунтована концепція більш досконалої системи автоматизованого обліку (САО), що є складовою автоматизованої системи управління виробництвом (АСУВ), та розроблено технічне завдання на проєктування САО. В розрахунково-конструкторській частині роботи спроектована технічна частина САО (схема функціональної структури, електрична структурна схема, функціональна схема автоматизації) та програмне забезпечення робочої станції оператора САО (схема даних, загальна архітектура, окремі програмні модулі, графічний ЛМІ).

Ключові слова: система автоматизованого обліку, борошно, автоматизована система управління виробництвом

Abstract

Bachelor's qualification work in the form of a project consists of 76 pages of A4 format, which contain 26 figures, 4 tables, the list of used sources contains 33 items.

The goal of the project is to improve the quality indicators of flour accounting at the bakery enterprise by developing an automated accounting system based on modern software and hardware automation tools and an automated design system (CAD) software.

In the general part of the work, the analysis of the existing automated systems was carried out, the concept of a more advanced automated accounting system (ACS), which is a component of the automated production management system (ACMS), was substantiated, and the technical task for the design of the ACS was developed. In the calculation and design part of the work, the technical part of the CAO (functional structure diagram, electrical structural diagram, functional automation diagram) and the software of the CAO operator's workstation (data scheme, general architecture, separate software modules, graphic LMI) were designed.

Keywords: automated accounting system, flour, automated production management system

Зміст

Вступ.....	3
1 Техніко – економічне обґрунтування кваліфікаційного проекту.....	6
1.1 Аналіз технологічного процесу, що автоматизується.....	6
1.2 Аналіз недоліків існуючих систем автоматизації.....	7
1.3 Формування напрямків проектування та розробка технічного завдання	16
2 Концептуальне проектування інтеграції САО з АСУВ підприємства	19
2.1 Вимоги діючих стандартів до проектування АСУВ	19
2.2 Обґрунтування загальної архітектури ІСА підприємства	23
2.3 Функціональна структура ІСА великого ХБП	26
3 Проектування технічної частини системи.....	36
3.1 Деталізація функціональної структури системи	36
3.2 Обґрунтування вибору оптимального варіанта технічної реалізації САО	36
3.3 Розробка електричної структурної схеми системи	39
3.4 Вибір технічних засобів автоматизації	45
3.5 Розробка функціональної схеми автоматизації системи	51
4 Проектування програмної частини системи.....	52
4.1 Вибір інструментальної системи проектування	52
4.2 Архітектурне проектування програмного забезпечення	54
4.3 Розробка схеми даних.....	56
4.4 Розробка окремих програмних модулів	58
4.5 Розробка графічного інтерфейсу оператора	58
4.6 Розробка програмного забезпечення формування звітності	60
Висновки	62
Література	63
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу (у формі проекту).....	67
Додаток Б (обов'язковий) Графічна частина.....	72
Концепція функціональної структури інтегрованої системи автоматизації. Плакат демонстраційний	73
Система автоматизованого обліку. Схема електрична структурна	74
Система автоматизованого обліку. Схема автоматизації функціональна	75
Додаток В (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи ..	76

					08-31.БДР.007.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Система автоматизації для промислового хлібобулочного виробництва. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Залузняк Д.Б.						
Перевір.		Папінов В.М.						
Реценз.						ВНТУ, гр. АКІТР-23мс		
Н. контр.		Овчинников К.В.						
Затверд.		Бісікало О.В.						

Вступ

Сучасний етап розвитку галузей народного господарства, де активно використовується різноманітні системи автоматизації, відзначається все більшим проникненням туди мікропроцесорної техніки й постійним вдосконаленням методів контролю та управління технологічними/технічними процесами (ТП). Загалом розвиток напівпровідникової техніки та досягнення в галузі автоматики обумовили використання пристроїв, виконаних на інтегральних мікросхемах, які завдяки високій технологічності, малим розмірам, масі та енергоспоживанню стали дуже популярними [1-5].

Основним вихідним сировиною для хлібобулочних підприємств, як відомо, є борошно. На великих підприємствах за добу десятки тонн борошна проходять процес перетворення на батони різних видів, рогалики, сушки, кекси, пряники, рулети, торти і т. д. Зростаючі обсяги виробництва при розширенні номенклатури продукції, що випускається, збільшення цін на борошно на тлі конкурентної боротьби з іншими виробниками аналогічної продукції до межі загострюють проблему обліку витрат і зберігання цієї сировини. Прибуток підприємства в значній степені залежить від того, за якою ціною і в якій кількості закуплено борошно і як раціонально воно витрачене. Ось чому важливе значення набуває автоматизація завдання змінного та цілодобового обліку приходу-витрат борошна. У проєкті хлібозаводів, що вводилися в експлуатацію на початку 70-х років, така автоматизація передбачалася на основі технічних засобів, що малися в той час. На одних заводах ця автоматизація впроваджувалася, але погано працювала або не працювала зовсім, на других заводах не впроваджувалася, хоча була передбачена в проєкті. Крім того, не те що SCADA-систем, а й повноцінних програмних засобів на той час ще не існувало.

Найбільш точно й ефективно облік борошна може здійснюватися за допомогою системи автоматизації (СА) на базі сучасних програмно-технічних засобів.

Робота, довговічність та якість будь-якої системи визначається не тільки із новизною інформації, яку вона несе, але і її робочими характеристиками, такими як швидкість отримання даної інформації та її структурованість, якістю і усіх її складових підсистем. Все це докорінно змінює властивості багатьох систем, надаючи їм нові функції і відкриваючи нові можливості у використанні.

Детальніший розгляд функцій таких систем показує наступні їх переваги:

- багатофункціональність пристроїв;
- легкість контролю за системою;
- автоматизація керування;
- можливість виконання швидких математичних обчислень;

- мініатюризація та економічність обладнання;
- підвищення надійності;
- можливість створення баз архівів інформації;
- скорочення часу на розробку системи;

Створення засобів вимірювання, контролю та управління обладнанням і технологічними процесами характеризується переходом від вирішення окремих, відносно простих задач автоматизації, до створення на основі мікропроцесорних схем та іншої мікроелектронної елементної бази пристроїв автоматики з програмним управлінням від SCADA-систем, які забезпечують розподілене автоматизоване управління технологічними процесами всього підприємства в цілому. В бакалаврській кваліфікаційній роботі у формі проєкту вирішуються саме такі питання автоматизації обліку борошна на хлібобулочному комбінаті за рахунок впровадження системи автоматизованого обліку (CAO), яка має працювати в рамках загальної інтегрованої системи автоматизації (ІСА) підприємства.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту є підвищення якісних показників обліку борошна на хлібобулочному підприємстві шляхом застосування інтегрованої системи проєктування та сучасних програмно-апаратних засобів автоматизації.

Для цього в роботі вирішуються такі задачі:

- дослідження та аналіз технологічного процесу, що автоматизується;
- аналіз недоліків існуючих систем автоматизації;
- обґрунтування загальної архітектури ІСА підприємства;
- розробка технічного завдання на дипломне проєктування;
- розробка функціональної структури ІСА підприємства;
- деталізація функціональної структури ІСА на рівні CAO;
- обґрунтування вибору апаратних засобів автоматизації для CAO;
- проєктування електричної структурної схеми CAO на основі вибраних програмно-апаратних засобів;
- проєктування функціональної схеми автоматизації CAO;
- проєктування схеми даних програмного забезпечення CAO;
- обґрунтування вибору інструментальної системи проєктування програмного забезпечення (ПЗ) CAO;
- проєктування архітектури ПЗ CAO;
- розробка ПЗ для комп'ютера оператора CAO.

Об'єкт дослідження: технологічний процес переміщення борошна на хлібобулочному підприємстві.

Предмет дослідження: методи та засоби автоматизованого обліку борошна.

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

Науково-технічний рівень розробки: запропонований ефективний спосіб реалізації відкритої та дешевої системи автоматизованого обліку

борошна на основі сучасних інформаційних технологій та програмно-апаратних засобів, яка є складовою частиною інтегрованої системи автоматизації виробництва хлібобулочного підприємства.

Практичне значення отриманих результатів: проєкт нової інтегрованої системи автоматизації, виконаний в даній роботі, може бути використаний як ескізний проєкт реальної системи обліку борошна на вітчизняному хлібобулочному підприємстві.

Апробація результатів проєктування: основні результати виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту опубліковані у матеріалах щорічної НТК викладачів та студентів ВНТУ (Вінниця, ВНТУ, 2025 р.) [6].

Розробка система автоматизації для промислового хлібобулочного виробництва за темою бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту проводиться на основі індивідуального завдання, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ, а також розробленого технічного завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу у формі проєкту (додаток А).

1 Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту

1.1 Аналіз технологічного процесу, що автоматизується

Основною вихідною сировиною для хлібобулочних підприємств (ХБП) є борошно [7, 8]. На великих підприємствах за добу десятки тонн борошна проходять процес перетворення в батони різних мастей, рогалики, сушки, кекси, пряники, рулети, торти й т. п. [9].

На таких ХБП борошно зберігається в силосах [10]. Це великі вертикальні циліндричні ємності на 30-35 тон вихідної сировини. Півтора десятка силосів, обв'язані трубами стисненого повітря й пневмотранспорту, являють собою сховище безтарного зберігання борошна (БЗБ).

Доставляється борошно на підприємство в борошновозах (рисунок 1.1). На автомобільних вагах провадиться початкове зважування борошновозу.

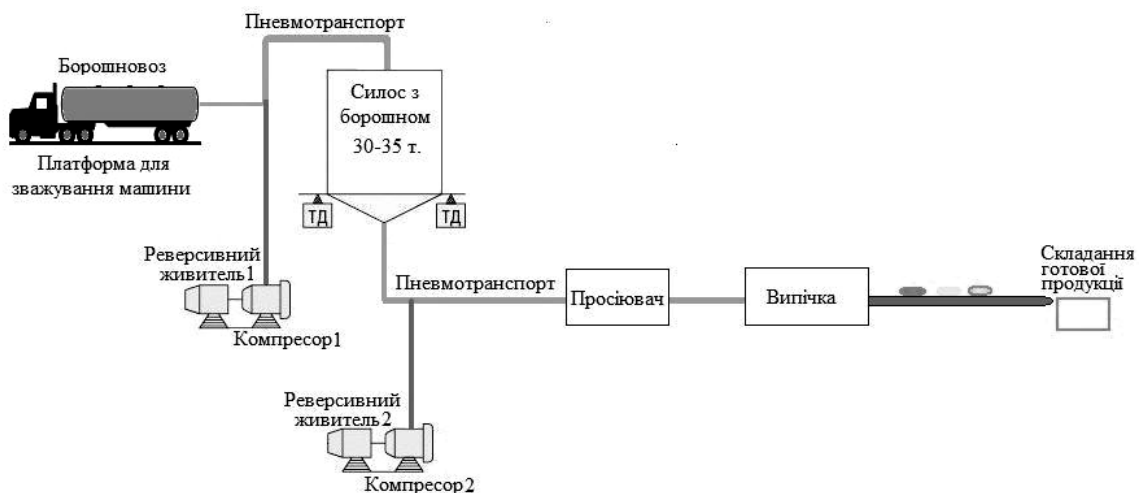


Рисунок 1.1 – Технологічна схема переміщення борошна на ХБП

Залежно від сорту борошна ємності борошновозу приєднують за допомогою гнучкого рукава шлангу до входу певного силосу, включається компресор борошновозу, і повітряно-борошняна суміш зверху завантажується в силос. Це процес закачування. По закінченні закачування порожній борошновоз знову проходить операцію зважування - так визначається кількість доставленого борошна.

На технологічній лінії борошно зі складу безтарного зберігання борошна подається по трубах пневматичного транспорту. Для цього відкривається вентиль стислого повітря, включається роторний живитель певного силосу і повітряно-борошняна суміш з нижньої конусоподібної частини силосу, проходячи через пристрій, що просіває, і десятки метрів труб, опиняється в необхідному виробничому бункері. Це процес відкачування борошна з силосу.

В кінці кожної зміни знімається інформація по залишках борошна в кожному силосі, після чого ці дані передаються змінним майстрам, начальникові цеху, а також в бухгалтерію [11]. На неавтоматизованих виробництвах витрати борошна визначаються таким чином: оператор БЗБ, піднявшись на останній поверх силосу, через відповідні технологічні люки оцінює приблизну кількість борошна по його верхній границі, застосовуючи при цьому тільки кишеньковий ліхтар. Такий контроль кількості сировини деколи доводиться робити за зміну кілька разів, оскільки в процесі закачування-відкачування необхідно постійно знати міру завантаженості кожного силосу – переповнювання силосу загрожує аварійною ситуацією, а недовантаження веде до неефективного використання його об'єму.

Така суб'єктивна оцінка кількості борошна дає велику похибку визначення залишків (до двох-трьох тонн на силос). Річ у тому, що різні сорти борошна мають різну щільність, і якщо житнього борошна в силос можна завантажити до 30-31 тони, то борошна вищого сорту - до 35 тонн. Крім того, в процесі відкачування борошна в нижній конусоподібній частині силосу утворюються порожнечі, деколи великі за об'ємом, які не є видимими зверху крізь товщу борошна навіть з ліхтарем.

Оператор БЗБ протягом трудової зміни, крім кожного силосу, постійно має справу ще з безліччю іншого обладнання: з декількома пускачами та парою десятків виробничих бункерів. Все це обладнання територіально розподілене. Крім прийому доставленого борошновозами борошна, оператор повинен вчасно заповнювати певний виробничий бункер необхідним сортом борошна або необхідної сумішшю різних сортів борошна для того, щоб не було простою в роботі виробничих ділянок технологічного ланцюжка. Оператор повинен бути постійно готовий вчасно вимкнути подачу борошна в той чи інший бункер, щоб уникнути його переповнення або при виникненні аварійної ситуації.

Для спрощення роботи оператора БЗБ на деяких ХБП застосовані застарілі системи автоматизації управління, в яких інформація збирається і відображується на великих щитах автоматики за допомогою звичайних лампочок розжарювання [9]. З цих щитів автоматики за допомогою кнопок і перемикачів можна включати електродвигуни роторних і шнекових джерел живлення, управляти кранами-перемикачами, направляючи борошно в той або інший виробничий бункер. Але унаслідок низької надійності елементів цих систем управління більшість з них вже майже не працює або знаходиться у ремонті.

1.2 Аналіз недоліків існуючих систем автоматизації

Зростаючі обсяги виробництва при розширенні номенклатури продукції, що випускається, та збільшення цін на борошно на фоні

конкурентної боротьби з іншими виробниками аналогічної продукції до межі загострюють проблему обліку витрати й зберігання цієї сировини. Прибуток підприємства в чималому ступені залежить від того, за якою ціною й у якій кількості закуплене борошно і як раціонально воно витрачене. От чому важливого значення набуває автоматизація задачі змінного й добового обліку приходу-витрати борошна.

У проєктах хлібо заводів, що вводилися в експлуатацію на початку 70-х років, така автоматизація передбачалася на основі технічних засобів, що були в той час. На одних заводах ця автоматизація впроваджувалася, але погано працювала або не працювала зовсім, на інших заводах не впроваджувалася, хоча була передбачена в проєкті.

В 2000-х роках на підприємствах харчової промисловості, що виробляли продукцію з борошна, почався справжній бум розробки та впровадження автоматизованих систем контролю та управління на основі сучасних інформаційних технологій та програмно-апаратних засобів автоматизації [12-19].

Система управління підприємством SVOD [17], що була розроблена підприємством "Компас Плюс" (м. Донецьк, Україна), знайшла широке використання на підприємствах зернопереробної та хлібобулочної промисловості (ЗАТ "Донецьке КХП №1", КХП ВАТ "ТД Сумський хліб", АТ "Луганськмлин", ЗАТ "НИВА м. Луганськ та ін..). Розробка цієї системи почалась ще у 90-х роках минулого сторіччя, а на сьогоднішній день SVOD являє собою сучасний програмно-апаратний комплекс, що побудований за клієнт-серверною архітектурою і застосовує найбільш потужну базу даних Oracle 10g. До складу SVOD входить підсистема технологічного обліку сировини, яка дозволяє проводити облік борошна у розрізі кожного силосу та деталізувати по кожній зміні порядок подачі борошна на технологічні ділянки. На основі даних про рух організується автоматичний облік та розрахунок вологості безтарного зберігання борошна (БЗБ) по кожному силосу та кожній зміні.

Як система SVOD в цілому, так і її підсистема автоматичного обліку борошна, побудовані на засобах автоматизації відомих світових виробників і на оригінальному програмному забезпеченні власної розробки. Тому загальна вартість такого технічного рішення досить велика.

Аналогічна комплексна автоматизована система управління впроваджена на підприємствах австрійської хлібопекарської компанії Fischer Brot в 2005 році [18]. Як апаратна платформа для систем керування були вибрані промислові контролери компанії VIPA, виконані на базі технології SPEED7, такі як CPU 315S. Цей процесорний модуль на 100% сполучається із платформою Simatic S7. Фахівці Fischer Brot переконалися, що в порівнянні з Simatic S7 315 компанії Siemens, що має аналогічні розміри, продуктивність центрального процесорного пристрою (ЦПП) від VIPA вище, а загальна

вартість рішення значно нижче, особливо з урахуванням можливостей, які для продукції Siemens є додатковими: убудований інтерфейс Ethernet TCP/IP і розширений об'єм убудованої пам'яті. Крім того, ЦПП серії SPEED7 вирізняються неймовірною швидкістю. Програмування контролерів здійснювалося за допомогою програмного забезпечення STEP7 компанії Siemens, а для візуалізації процесів і архівування даних застосовувалась SCADA-система WinCC компанії Siemens, з якою ПЛК VIPA показали повну сумісність.

При всіх перевагах даної системи, яка теж має підсистему обліку борошна, її вартість аж занадто велика, бо засоби автоматизації від компаній VIPA та Siemens відрізняються саме високою ціною, хоча і їх якість та надійність теж дуже високі.

Автоматизована система на базі сучасних програмно технічних засобів для обліку витрати борошна на хлібобулочному підприємстві розроблена й впроваджена на ПАТ «Херсонський хлібокомбінат» фахівцями БАТ «ICL КПО ВР» [19].

Задача перед розроблювачами цієї автоматизованої системи спочатку ставилася проста: у режимі реального часу відслідковувати кількість борошна в кожному силосі за допомогою сучасних апаратно-програмних засобів. Тривіальність технічного рішення цієї задачі очевидна: використання тензодатчиків і тензоперетворювачів, перетворення кодів АЦП у реальні значення ваги, збереження даних в електронному архіві АРМ оператора й передача цих даних у вигляді звітних форм на сервер локальної комп'ютерної мережі підприємства для бухгалтерії. Точність обліку залишків борошна за допомогою такої системи збільшується на порядок. Але система, що постійно сканує інформацію про значення ваги борошна в силосах, при невеликій доробці може виконувати ще ряд чимало важливих функцій, які дозволяють більш ефективно використовувати об'єми силосів і в який то мері полегшують працю оператора БЗБ. Зупинимось докладніше на цих функціях.

Крім значень ваги, система може підраховувати й видавати на екран дисплея АРМ оператора дані про вільні об'єми силосів. Для цього програма використовує значення максимальної ваги борошна даного сорту, яку можна завантажити в силос. Оператор має можливість натисканням кнопки "миші" перепризначувати сорт перед завантаженням у порожній силос борошна іншого сорту. Система по призначеному сорту коректує значення максимальної ваги й надалі це значення використовує для підрахунку вільних об'ємів. У результаті є оперативна інформація, володіючи якою, можна раціонально й ефективно використовувати об'єми силосів. При перевищенні максимальної ваги борошна в процесі закачування система сама припинить закачування шляхом відключення компресора борошновоза щоб уникнути переповнення силосу. Призначення сортів борошна для силосів дозволяє системі також підраховувати загальну кількість наявного борошна по різних сортах.

Система надає операторові можливість «поділяти» борошно з одного борошновоза в кілька силосів. У цьому випадку оператор повинен попередньо задати значення ваги борошна для закачування в перший силос. Коли в силос закачається задана вага, система автоматично відключить компресор борошновоза. Ємності борошновоза підключаються до входу другого силосу, і задається нове значення ваги, що закачується. Ці операції повторюються доти, поки все доставлене борошно не буде «розкидане» у кілька силосів.

Якщо у вхідні труби силосів вмонтувати датчики (рисунок 1.2), що фіксують моменти початку й закінчення закачування, то з'являється можливість в автоматичному режимі визначати кількість борошна, закачаного за кожний сеанс. З появою потоку повітряно-борошняної суміші спрацьовує датчик, система запам'ятовує початкову вагу силосу. Наприкінці закачування по зворотному спрацьовуванню датчика визначається кінцева вага. У результаті маємо вагу борошна, доставленого борошновозом. Може скластися ситуація, що в цей же час йде відкачка з даного силосу. У такому випадку система автоматично перериває відкачку шляхом відключення роторного живильника силосу з початком закачування.

Ввівши в систему сигнали з контактів магнітних пускачів вмикання роторних живильників відкачки силосів, можна відслідковувати в реальному часі кількість борошна, що відкачане. Ця інформація дозволяє операторові тримати під контролем процес заповнення виробничих бункерів і швидкість відкачки.

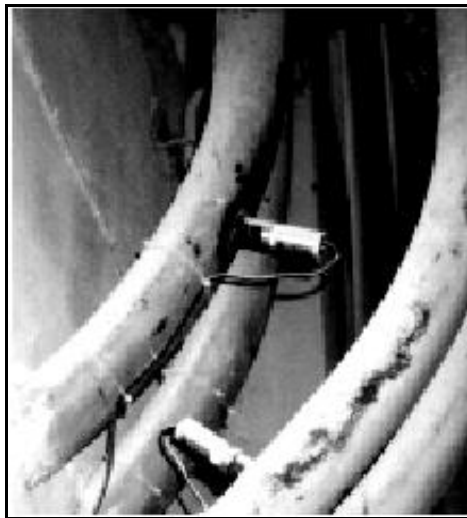


Рисунок 1.2 – Датчики закачування на вхідних трубах силосів

Система підраховує також загальну кількість борошна, що поступило в даний силос і що пішло із силосу за зміну, за добу, а також сумарна кількість борошна одного сорту по силосам. Ця інформація відображається на екрані дисплея, а також заноситься у звітні форми для бухгалтерії.

[illegible]

Оператор має можливість включати вібратор самостійно натисканням

на кнопку "миші".

Зменшення ваги борошна в силосі при відсутності відкачки також є нештатною ситуацією. Система відслідковує виникнення подібних явищ, видає аварійну звукову сигналізацію, і колірний індикатор позначає аварійний силос. Інформація про це заноситься у звіт тривоги і подій.

Облік готової продукції, що проходить через 2 пакувальних автомати, - це додаткова функція, виконувана системою.

Автоматизована система скомпонована з таких технічних засобів автоматизації:

- контролер тензовимірювальний (рисунок 1.4), установлений безпосередньо на складі БЗБ;
- контролер обліку готової продукції, розташований у виробничому цеху поруч із пакувальними автоматами;
- АРМ оператора (рисунок 1.5), що перебуває поверхом вище в операторській кімнаті.



Рисунок 1.4 – Монтаж контролера тензовимірювального

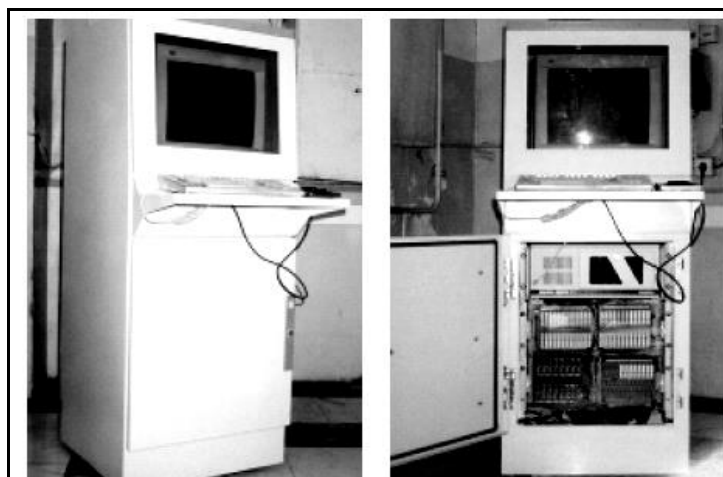


Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд шафи АРМ оператора та його вміст

У якості АРМ вагара, розташованого в операторній кімнаті механічних ваг, використовується звичайний офісний комп'ютер.

При виборі тензодатчиків розглядалися датчики, вироблені фірмами «Тензо М» і Scaime. Для визначення часу початку закачування борошна з борошновоза й фіксації початкової й кінцевої ваг були обрані спеціалізовані радіолокаційні датчики руху РДД, призначені для контролю наявності (відсутності) руху потоку продукту в пневматичному транспорті.

Облік готової продукції на пакувальних автоматах здійснюється просто, якщо є відповідний електричний сигнал (наприклад, сигнал з електричного ножа для запаювання упаковки). Якщо пакувальний автомат механічний, то проблема ускладнюється вибором підходящого датчика, що виробляє імпульс при проходженні впакованої продукції, місця його розташування й налаштуванням його чутливості.

Функціональна схема автоматизованої системи обліку борошна й готової продукції представлена на рисунку 1.6.

У шафі контролера тензовимірювання розміщені:

- каркас MicroPC, що містить процесорну плату 5066, плату введення/ виведення дискретних сигналів 5600-48 і мережну карту Ethernet - плату 5500;

- модулі ADAM-4016 - перетворювачі тензосигналів - і плата модулів гальванічної ізоляції ADAM-3864 фірми Advantech;

- модулі опторазв'язки 70 G-IDC5 і монолітні нормально замкнуті реле 70-OAC5A5 фірми Grayhill, установлені на панелях MPB-16;

- інтерфейсна плата 2010 для рідиннокристалевого дисплея LCD- 4 20 і клавіатури KP-1;

- клемні колодки WAGO.

Як видно з рисунку, основне функціональне навантаження в контролері несуть вироби фірми Octagon Systems.

Сигнали з радіолокаційних датчиків руху надходять на модулі введення дискретних сигналів 70-G-IDC5. Нормально замкнуті монолітні реле 70-OAC5A5 включені послідовно в ланцюзі відключення магнітних пускачів електродвигунів роторних живильників відкачки борошна. Такі ж реле управляють відключенням магнітних пускачів, що подають живлення на компресори борошновозів.

На рідиннокристальний дисплей, розташований на дверцятах шафи, виводиться інформація про поточні значення ваги борошна в силосах, а також діагностична інформація про справність каналів тензовимірювань. Перемикання відображення з одного каналу на інший провадиться за допомогою клавіатури KP-1, розташованої також на дверцятах шафи контролера.

Джерело безперебійного живлення Back-UPS Pro-280 (фірма APC) дає можливість захистити апаратуру контролера від кидків напруги мережі. Програмний драйвер контролера, що працює з UPS через другий послідовний

порт плати 5066, відключає контролер від UPS при проваллі напруги живлення на час більше 10 хвилин, щоб не розрядити батарею UPS нижче припустимої межі.

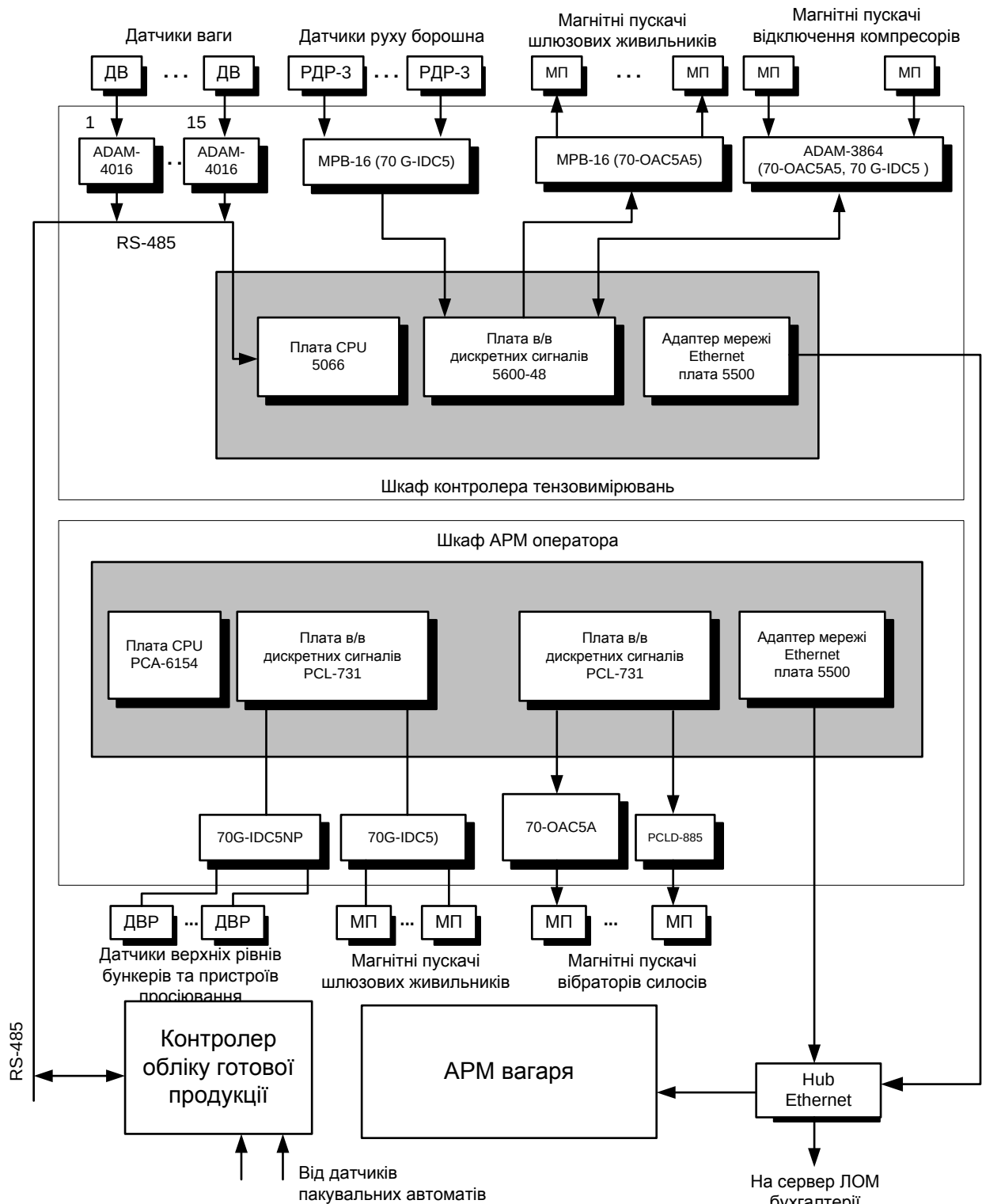


Рисунок 1.6 – Функціональна схема АС обліку борошна на ХБП

АРМ оператора зібрано на базі шасі промислового комп'ютера IPC-610 фірми Advantech. Має у своєму складі плату процесора PCA-6154, мережний адаптер і дві плати введення-виведення дискретних сигналів PCL-731. Частина дискретних сигналів, оброблюваних системою, а саме сигнали від датчиків верхніх рівнів виробничих бункерів і бункерів пристроїв, що просівають, сигнали вмикання електродвигунів роторних живильників відкачки борошна, аварійні сигнали електродвигунів пристроїв, що просівають, борошно й сигнали по керуванню вібраторами силосів вирішено було підключити безпосередньо до АРМ оператора з тієї причини, що джерела цих сигналів близько розташовані до нього. АРМ оператора, АРМ вагаря й контролер тензовимірювань включені в загальну локальну цифрову мережу підприємства через 10 мегабітовий концентратор Ethernet.

В операторській кімнаті у невеликій кількості присутній борошняний пил, тому вирішено розмістити АРМ усередині шафи консолі оператора APX-FC фірми Schroff із примусовою вентиляцією й фільтрацією повітря, що нагнітається усередину шафи. Усередині шафи консолі зручно встановлені 17 дюймовий монітор, коробки PCLD-RMK-4U для модулів ПЗО й джерело безперебійного живлення Back-UPS Pro-420. На клавіатурній полиці шафи розташовуються компактна клавіатура фірми Advantech PCA-6302, захищена плівкою, і прецизійний маніпулятор "миша" DeskTop-HulaPoint фірми Texas Industrial Peripherals зі ступенем захисту, що перевищує вимоги стандарту NEMA40.

Таким чином, за рахунок впровадження нової автоматизованої системи були вирішені наступні проблеми:

- безперервний вимір ваги борошна в режимі реального часу в кожному з 15 силосів з візуалізацією результатів вимірів у графічній і табличній формі на АРМ оператора й АРМ вагаря, підрахунок загальної ваги борошна по сортах;
- визначення ваги борошна, що закачується з борошновоза, з фіксацією часу початку закачування, підрахунок закачаної ваги по сортах;
- визначення ваги борошна, що відкачане із силосу на технологічну лінію виробництва хлібобулочних і кондитерських виробів, підрахунок ваги, що відкачана, по сортах, за зміну, за добу;
- формування чергових, змінних і добових табличних звітів по приходу й витраті борошна й передача їх по локальній обчислювальній мережі на АРМ бухгалтерії й начальника цеху;
- контроль процентного співвідношення різних сортів борошна для готування суміші;
- збір і відображення інформації про заповнення виробничих бункерів на моніторі АРМ оператора;
- контроль режимів закачування й відкачки, контроль роботи електродвигунів пристроїв, що просівають, (включений / виключений, аварія);

- керування процесом закачування борошна з борошновозу, запобігання переповнення силосу борошном і закачування в силос ваги, що задається оператором;

- автоматичне й ручне керування електричними вібраторами силосів;
- облік готової продукції, що пройшла пакувальні автомати за зміну.

Економічний ефект від впровадження даної системи визначають наступні складові:

- по-перше, підприємство, маючи об'єктивну й оперативну інформацію про кількість залишків борошна, а також про вільні об'єми в силосах, може більш успішно будувати політику закупівлі сировини;

- по-друге, об'єктивний підрахунок кількості витраченого борошна в співвідношенні з кількістю виробленої продукції дозволяє більш точно підраховувати собівартість одиниці продукції, а також виявляти невиробничі втрати;

- по-третє, ряд функцій системи дає можливість операторові БЗБ більш раціонально робити завантаження силосів, вивільняючи додаткові об'єми й не побоюючись при цьому аварійної ситуації переповнення силосів;

- по-четверте, зводиться до мінімуму перевитрата дорогих сортів борошна шляхом більш точного витримування процентного співвідношення компонентів суміші;

- в-п'ятих, різноманітна аварійна сигналізація дає можливість операторові вчасно відреагувати на ситуації, які можуть викликати втрату сировини або простій устаткування.

1.3 Формування напрямків кваліфікаційного проектування та розробка технічного завдання

Для формування напрямків кваліфікаційного проектування поставимо таку основну задачу: спроектувати сучасну систему автоматизованого обліку (САО) борошна на великому ХБП, яка б, по-перше, виконувала усі перелічені вище функції, але була б більш дешевою у порівнянні з аналогічними рішеннями, по-друге, була б інтегрована з загальною автоматизованою системою управління виробництвом цього ХБП.

Вирішення цієї задачі будемо здійснювати такими шляхами:

- нову систему також будемо на основі сучасних комп'ютерно-інформаційних технологій та програмно-апаратних засобів автоматизації, але для здешевлення загального рішення системи будемо вибирати засоби автоматизації більш дешеві, наприклад, виробництва таких країн як Тайвань, Індонезія, Південна Корея тощо;

- для здешевлення програмного забезпечення нової системи автоматизованого обліку (за рахунок виключення праці висококваліфікованих програмістів та прискорення розробки) застосовуємо

автоматизоване проектування цього програмного забезпечення, що не погіршить функціональність та ефективність нової системи;

- замінюємо застарілі датчики технологічних параметрів об'єкту автоматизації на сучасні, але більш дешеві, що забезпечать також меншу похибку вимірювання та контролю, а також уніфікований вихідний сигнал для спрощеного введення у комп'ютеризовану систему;

- замінюємо застарілі виконавчі механізми, що змонтовані дотепер на технологічному обладнанні силосів ХБП на більш ефективні сучасні зразки;

- інтегруємо нову систему автоматизованого обліку борошна з загальною АСУ виробництвом великого ХБП, що забезпечить більш ефективну його роботу.

На основі цих сформованих напрямів рішення основної задачі даної бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проекту було розроблене технічне завдання, яке наведене в додатку А.

Особливі вимоги до стійкості устаткування системи пояснюються тим, що це устаткування для харчової промисловості. Враховуючи, що майже все воно буде розміщене в цехах, умови для системи будуть наступні:

- температура навколишнього середовища від 0°C до плюс 30°C ;
- відносна волога від 40 до 100 %;
- ударні навантаження: немає;
- вібрація:
- частотою від 10 до 30 Гц;
- віброприскорення: до $19,6\text{ м/с}^2$;
- лінійне прискорення: відсутнє.
- додаткові умови : можлива присутність пилу(частки борошна);

Інша частина устаткування буде знаходитись у приміщенні операторської, де параметри мікроклімату контролюються краще, тому обладнання має відповідати наступним умовам :

- температура повітря від плюс 10°C до плюс 30°C ;
- відносна вологість повітря від 60 до 80 %;
- ударні навантаження відсутні;
- вібрація: частотою від 10 до 30 Гц, віброприскорення до $19,6\text{ м/с}^2$;
- лінійне прискорення: відсутнє.

У технологічному процесі контролюється маса m борошна, яке засипається або забирається з силосу.

При відомій масі борошна в силосі на даний момент контролюється, щоб не було переповнення силосу, а також щоб не було спроб забрати борошно з майже пустого силосу.

Крім того, в об'єкті автоматизації вимірюється маса автомобіля і маса силосу під час кожної дії в м'якому реальному часі. Маса борошна в силосі повинна знаходитись в певному діапазоні. Під час кожного викачування або закачування борошна в силос вимірюється час відповідної операції, а такою фіксується час її початку і кінця. Також фіксується наявність руху борошна в

трубах до силосу і від силосу.

У разі виникнення аварії чи перед аварійною ситуацією, коли відбувається перевищення значення хоча б одного із контрольованих параметрів, система має видавати звукові сигнали через динаміки ПК оператора та світлові аварійні сигнали на його дисплеї.

Крім того, абсолютно всі аварійні ситуації мають записуватися в базу даних постійного аварійного архіву на жорсткий диск ПК оператора. Окрім аварійних ситуацій до архіву аварій повинні записуватися будь-які події, пов'язані з виходом параметрів за встановлені границі.

Потрібно, щоб усі записані архіви в подальшому можна було переглянути і зробити висновки про роботу системи у будь-який період часу.

Структура ЛМІ ПК оператора повинна складатися з одного основного графічного екрану та потрібної кількості додаткових екранів. На основному екрані має бути відображена загальна схема обладнання з усіма елементами, значення яких вимірюється. На кожному схематично-зображеному, контрольованому елементі системи має виводитись інформація про значення параметра, що контролюється та його розмірність. Крім того, застосовуються кольорові індикатори, колір яких змінюється відстану об'єкту. Відображаються також елементи управління формуванням звітності і переходом до додаткових екранів.

Система повинна автоматично формувати звіт про роботу технологічного процесу на протязі робочої зміни з 8.00 до 19.00.

До звіту вносяться такі дані:

- маса борошна на початок та кінець робочої зміни
- історія (час початку і кінця, маса, сорт борошна) кожного завантаження в силос та його використання
- всі ситуації, відмічені як аварійні та покази всіх приладів за цей період.

Звіт має виводитись на екран ПК за вимогою оператора.

2 Концептуальне проєктування інтеграції CAO з АСУВ підприємства

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 [20-22]. Ці стандарти надають конкретні рекомендації як щодо організації самого комп'ютерно-інтегрованого виробництва (неперервного, дискретного, періодичного), так і щодо побудови відповідних інтегрованих систем автоматизації (ІСА) цим виробництвом.

Так, в [20] визначена загальна ієрархічна структура інтегрованої системи автоматизації промислового підприємства, 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 ІСА 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 ІСА на рівні управління виробництвом (АСУВ), що зазначено в ТЗ на дипломний проєкт. 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 [23]. 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.

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.

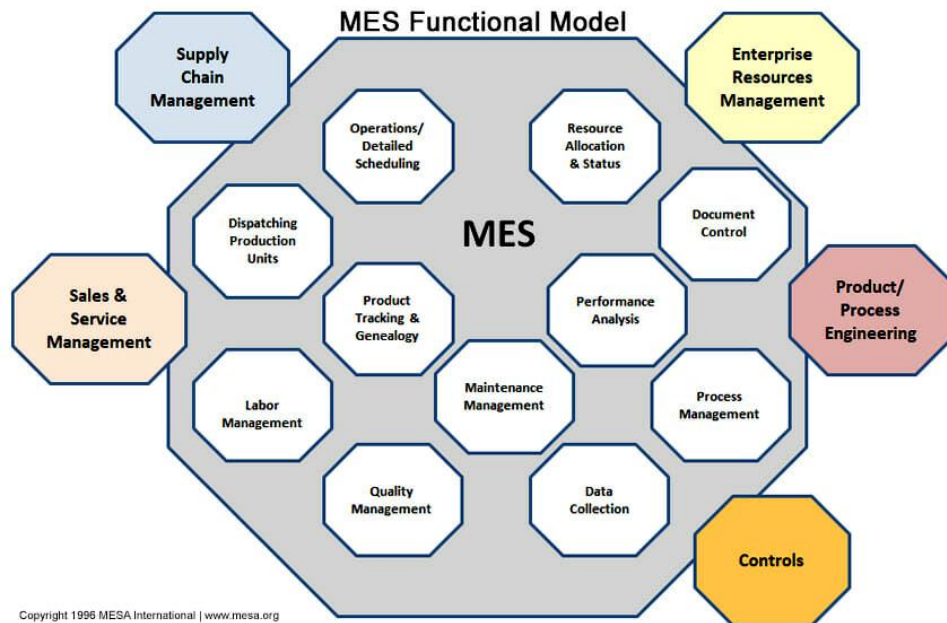


Рисунок 2.1 – Стандартна функціональна структура ІСА підприємства на рівні АСУВ/MES

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 звітного 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 [24]. 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 ІСА – рівнем «АСУВ/MES системи» і рівнем «АСУП/ERP системи».

Таким чином, стандартний функціонал ІСА 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 ІСА 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 ІСА. 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 ІСА, 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 проєктування 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 проведеного аналізу вимог діючих стандартів до побудови АСУ виробництвом на рівні «АСУВ/MES» та з урахуванням вимог розробленого вище ТЗ на дипломне проєктування спроектуємо концептуальне рішення (концепцію) АСУВ ХБП, складовою частиною якої буде нова САО борошна.

2.2 Обґрунтування загальної архітектури ІСА підприємства

Враховуючи рекомендації діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва ІСА великого ХБП 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 ІСА 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 проєктування архітектури ІСА великого ХБП.

Вище також зазначалось, що рівень управління «АСУВ/MES система» в такій ІСА 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 [24, 25]. 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 [25] 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 ІСА [25]. 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 ІСА підприємства, можна запропонувати відповідну раціональну архітектуру нової ІСА великого ХБП, яка показана на рисунку 2.2.

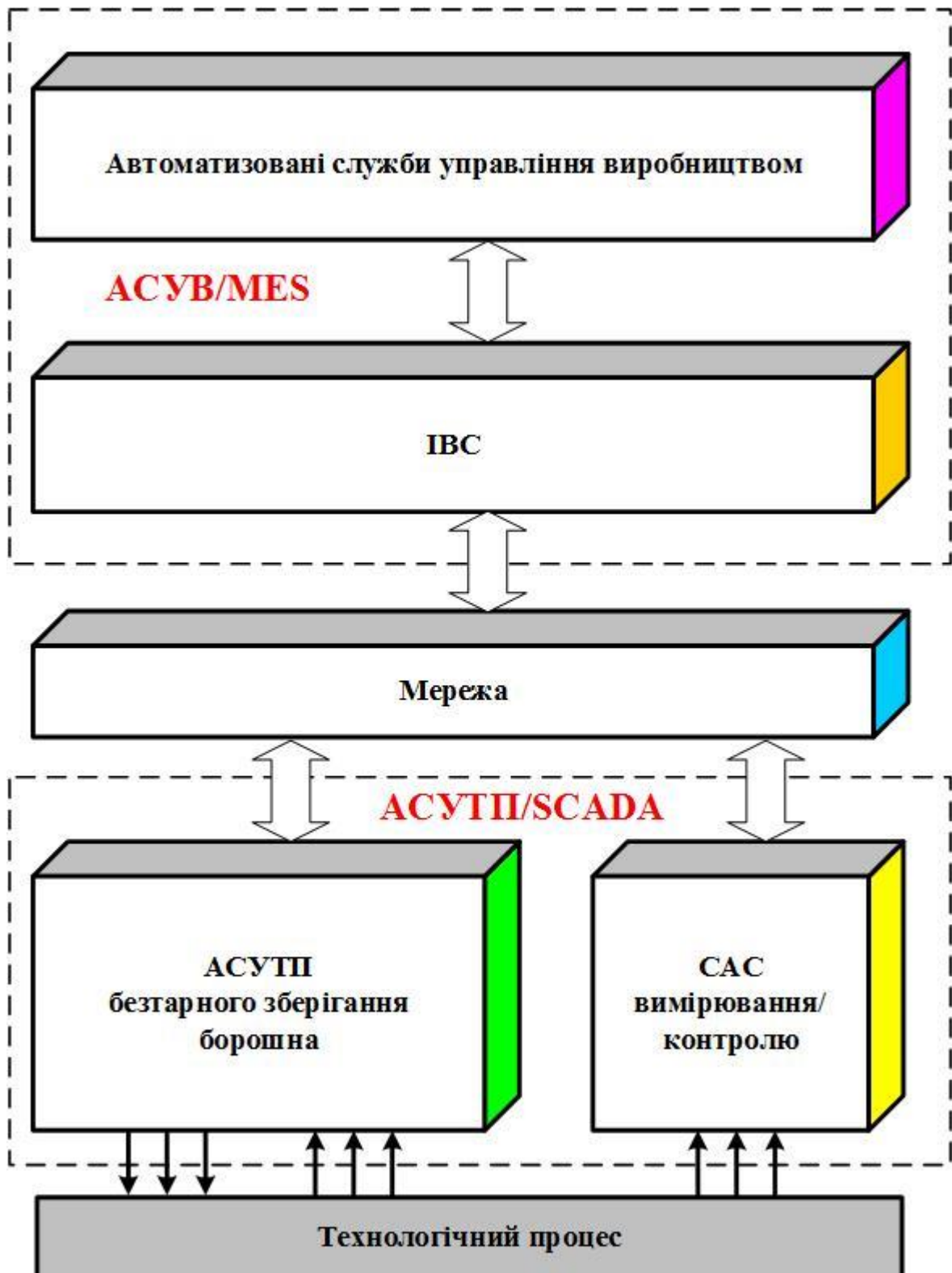


Рисунок 2.2 – Архітектура ІСА великого ХБП

Як видно з рисунку, ІСА великого ХБП складається з двох ієрархічних рівнів управління – «АСУТП/SCADA» (автоматизовані системи управління, вимірювання та контролю технологічного процесу) та «АСУВ/MES» (автоматизована система управління виробничим процесом). Нижній рівень системи утворюється двома автоматизованими системами – АСУТП безтарного зберігання борошна та спеціалізованою автоматизованою системою (САС) вимірювання/контролю додаткових технологічних параметрів. Верхній рівень системи утворюється також двома автоматизованими системами – інформаційною виробничою системою (ІВС) та системою автоматизованих служб управління виробництвом ХБП. 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 ІСА 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 ХБП, які потрібні для автоматизованих служб управління виробництвом. Передавання цифрових даних з глобального сервера ІВС до автоматизованих служб 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, ІВС ІСА не поєднується за своєю технічною структурою й функціональним складом з будь-якою автоматизованою системою нижнього рівня управління (АСУТП або САС).

2.3 Функціональна структура ІСА великого ХБП

Виробництво на великому ХБП відноситься до неперервного або технологічного типу [1]. Тому функції автоматизованих служб управління ним мають певну специфіку реалізації у порівнянні з обов'язковими управлінськими функціями, що описані, наприклад, в стандарті «MESA-11» [23]. Тобто, на конкретному підприємстві вказані обов'язкові стандартні

Розглянемо типову економічну службу управління неперервним (технологічним) виробництвом [25]. В цій автоматизованій службі повинні збиратися й аналізуватися усі економічні аспекти роботи виробництва, а саме:

- Виберемо для подальшого проєктування ІСА великого ХБП таку функцію даної автоматизованої служби як зведення матеріального балансу виробництва конкретного виду булочної продукції, яке здійснюється на основі автоматизованого технологічного процесу, показаного на рисунку 2.3.

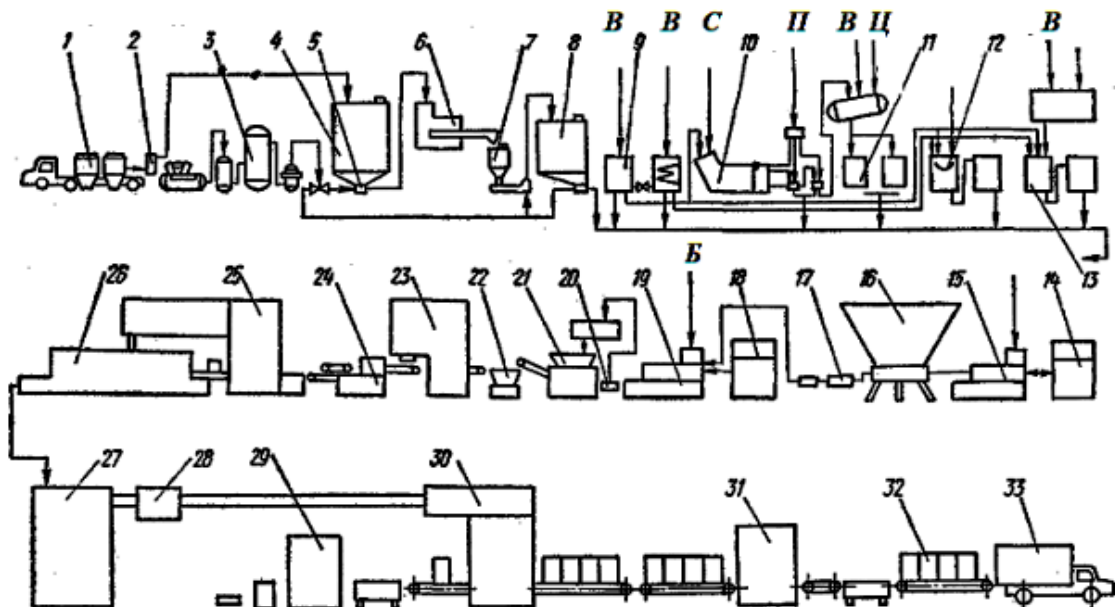


Рисунок 2.3 - Схема лінії виробництва булочних виробів

Така лінія застосовується на великих ХБП і складається з трьох ділянок [26]. На першій ділянці встановлюється устаткування для приймання борошна з борошновозів, одержання стисненого повітря (П) і подачі його до живильників аерозоль-транспорту, силоси для борошна (Б), просіювачі, автоматичні ваги, баки для води (В), установки для одержання сольового і цукрового (Ц) розчинів і інше устаткування для підготовки додаткової сировини.

На схемі позначено: 1 – борошновоз; 2 – приймальний щит; 3 – компресорна станція; 4 – силос для борошна; 5 – живильник борошна; 6 – просіювач; 7 – автоматичні ваги; 8 – виробничий силос для борошна; 9 – баки для води; 10 – прилад для приготування сольового розчину; 11 – прилад для приготування цукрового розчину; 12 – прилад для приготування суспензії дріжджів; 13 – прилад для приготування до емульгування жиру; 14 – дозуюча станція; 15 – тістомісильна машина для опари; 16 – бункер для бродіння опари; 17 – прилад для подачі опари; 18 – дозуюча станція; 19 – тістомісильна машина для тіста; 20 – прилад для подачі тіста; 21 – машина для поділу тіста; 22 – машина для округлювання; 23 – шафа попередньої розстійки; 24 – машина для закачування тіста; 25 – агрегат розстійки; 26 – хлібопекарна піч; 27 – агрегат для охолодження хліба; 28 – машина для загортки хліба; 29 – агрегат для підготовки лотків и конвеєрів; 30 – прилад для укладки хліба; 31 – агрегат для асортиментного комплектування контейнерів; 32 – прилад для завантаження в хлібовоз; 33 – хлібовоз.

Виробничі силоси для борошна встановлюються між складом і основним виробництвом. Ця ділянка є загальною для всього підприємства, незалежно від вироблюваної продукції.

Друга ділянка – основне виробництво. Тут устаткування вибирається в залежності від асортименту виробів і ступеня механізації. У лінії для виробництва булочних виробів на цій ділянці встановлюється агрегат для приготування тіста, що складається з двох дозуючих станцій і двох тістомісильних машин для замісу опари і тіста, бункера для шумування опари, нагнітача тіста, тістоділильної машини, машини для округлювання, шафи попереднього розстоювання, машини для закачування тіста, розстоювального агрегату з пристроями для укладання заготовок і хлібопекарської печі тунельного типу.

Третя ділянка – хлібосховище й експедиція.

Для виготовлення певного виду булочної продукції застосовуються стандартні рецепти, які визначають і формулу виробництва певної кількості готової продукції, тобто потрібну для цього кількість різних видів сировини. Це по суті заданий рецептом матеріальний баланс ідеального виробництва.

Для прикладу в таблиці 2.1 наведений такий матеріальний баланс для промислового виготовлення на великому ХБП конкретного виду булочного виробу - булки «Севастопольська» [9]. Для цього потрібні: борошно, олія, сіль, цукор, дріжджі, маргарин, яйце, ванілін, ізіум, горіх та вода.

Таблиця 2.1 – Матеріальний баланс виготовлення булки
«Севастопольська»

Сировина	Витрати сировини на 100 кг борошна в\г	Продукт	Вихід, кг
Борошно в\г	100	Булка «Севастопольська»	184,7
Олія	1,3	Сумарні витрати	11,5
Сіль	1,0	Всього	196,2
Цукор	20		
Дріжджі	4,0		
Маргарин	10		
Яйце, шт	120		
Ванілін, г	20		
Ізюм	12		
Горіх	4		
Вода, л	42		
Всього	196,2		

Для того, щоб реальне виробництво цього виду продукту було ефективним, на підприємстві економічною службою обов'язково треба у встановлені терміни проводити зведення матеріального балансу і за його результатами постійно корегувати виробничий процес. Тому в новій ІСА великого ХБП і пропонується на рівні «АСУВ/MES» реалізувати цю автоматизовану функцію, бо це конче необхідне за таких причин:

- всі облікові значення витрат матеріальних потоків (сумарні витрати матеріальних потоків за заданий інтервал часу) на даному виробництві визначаються на рівні «АСУТП/SCADA» з більшою або меншою похибкою; через це, навіть при вимірюванні сумарних витрат за задані інтервали часу у всіх наявних транспортних шляхах (трубопроводах) виробництва, включаючи і шляхи виникнення втрат, сума облікових значень всіх вхідних сировинних потоків завжди буде відрізнятися від суми облікових значень всіх вихідних продуктових потоків;

- у процесі роботи систем рівня «АСУТП/SCADA» окремі вимірювачі облікових значень витрат можуть ламатися або нарощувати істотну систематичну похибку, в результаті чого у різних місцях

виробництва можуть з'являтися не вимірювані наднормативні матеріальні втрати; все це ще сильніше збільшує матеріальний розбаланс між входом і виходом виробництва;

– у разі, якщо деякі облікові значення витрат на виробництві визначаються людиною, то точність таких суб'єктивних оцінок найчастіше є недостатньою, а самі оцінки можуть бути значно перекрученими.

У сукупності усі ці причини і вказують на те, що неможливо мати на виробництві прозору й точну картину всього руху сировинних компонентів та готових продуктів за задані інтервали часу без реалізації в ІСА спеціальної автоматизованої функції зведення матеріального балансу.

Мінімальний інтервал часу, при якому може проводитися узгодження балансу, визначається динамічними властивостями технологічного процесу виробництва. Оскільки дане виробництво неперервного (технологічного) типу складається з низки паралельно й послідовно розташованих технологічних агрегатів, взаємозв'язаних матеріальними потоками по транспортних лініях прямо й/або через сховища (склади, резервуари, газгольдери), те складання матеріального балансу для нього може вироблятися за інтервал часу, свідомо переважаючий час перехідного режиму в кожному технологічному агрегаті виробництва (тобто за інтервал часу, що дозволяє зневажити динамікою всіх перехідних процесів на виробництві). Зазвичай таким мінімальним інтервалом часу для всіх переділів неперервного (технологічного) типу виробництва є доба.

За назвою «Матеріальний баланс» розуміють як масовий, так і об'ємний баланс по всіх потоках виробництва. При цьому розглядається як загальний баланс всіх матеріальних перетікань незалежно від їхнього складу, так і баланс по окремим компонентам. Найбільш важливим і повсюдно поширеним є загальний баланс всіх матеріальних перетікань незалежно від їхнього складу.

При складанні матеріального балансу треба приймати певні умови й допущення:

1). Матеріальний баланс складається зазвичай по масі, бо баланс по об'єму має обмежене застосування, оскільки для ряду хімічних технологічних процесів об'єм матеріалу на вході не дорівнює об'єму матеріалу на виході. У той же час, більша частина вимірів витрат матеріальних потоків і обліку переміщеного матеріалу провадиться в об'ємних одиницях (зокрема, вимірюється об'єм матеріалу в сховищах: складах, резервуарах тощо). Для таких вимірів передбачаються паралельні виміри температури й щільності матеріалу поточковими приладами або лабораторними аналізаторами, щоб переводити обмірювані об'ємні значення в шукану масу.

2). Маса будь-яких матеріалів (рідких або газових), що перебувають усередині хімічних агрегатів і транспортних ліній (трубопроводів), вважається незмінною в часі, оскільки конструктивний об'єм цих агрегатів і транспортних ліній є незмінним, а маса матеріалу звичайно заповнює цей

об'єм цілком або в його визначеній, незмінній частині.

3). Загальними вихідними даними для зведення балансу за розглянутий інтервал часу є сумарні надходження всіх сировинних матеріальних потоків на входах виробництва; зміни мас матеріалів у всіх сховищах (складах та резервуарах) виробництва; сумарні відвантаження всіх вихідних продуктових потоків.

При складанні матеріального балансу виробництва треба отримати такі його результати:

- узгоджені облікові дані по витратах всіх сировинних компонентів та готової продукції за задані інтервали часу при переміщеннях матеріалу в окремих ділянках виробництва, у технологічних агрегатах, у цехах, між сусідніми ділянками й цехами, на виробництві в цілому;

- матеріальні виробничі наднормативні втрати за розглянутий при складанні балансу інтервал часу й місця їхнього виникнення;

- найменування й розташування вимірювальних приладів, які за похибкою виміру виходять за їхній паспортний клас точності й вимагають відповідного обслуговування, налаштування, ремонту або заміни.

Загальний матеріальний баланс по всьому виробництву за заданий інтервал часу буде вважатися зведеним, коли алгебраїчне рівняння обліку всіх зовнішніх надходжень сировинних компонентів, всієї відвантаженої готової продукції, а також всіх змін наявних запасів сировини і готової продукції у всіх сховищах виробництва, стає абсолютно точною рівністю за заданий час. Така рівність можлива за умови ідеально точного визначення всіх зазначених матеріальних потоків та запасів на виробництві.

Проте на практиці наявні похибки визначення всіх вказаних потоків та змін відповідних запасів, а також невірогідність деяких з них або відсутність даних по деяким з них, може істотно спотворити результат подібного способу балансування (зазначене алгебраїчне рівняння не дає узгодження між вхідними, вихідними матеріальними потоками та змінами запасів). Це приводить до необхідності виконувати узгодження балансу із обов'язковим урахуванням властивостей реальних вихідних, вхідних потоків та запасів, що істотно змінює весь метод зведення балансу.

За цим методом у рівнянні матеріального балансу використовують не безпосередньо виміряні значення облікових витрат матеріальних потоків чи змін запасів $x_{вим}^j$ (де $j=1....M$; M - число безпосередньо вимірюваних потоків/змін запасів), а скоректовані значення як виміряних, так і не виміряних, облікових витрат матеріальних потоків та змін запасів $x_{кор}^i$, (де $i=1... N$; при $N > M$), які визначаються для заданого інтервалу часу Δt по виміряних облікових значеннях витрат матеріальних потоків та змін запасів $x_{вим}^j$. Алгоритм визначення скоректованих облікових значень $x_{кор}^i$ при всіх i у межах від 1 до N полягає в рішенні наступної оптимізаційної задачі – знаходженні таких облікових значень $x_{кор}^i$, які мінімізують квадрат суми відхилень кожного обмірюваного облікового значення потоку від його

скоректованого значення, з ваговим урахуванням наявної похибки кожного виміру (вага кожного обмірюваного облікового значення потоку чи зміни запасу тим менше, чим більше його середньоквадратична похибка σ_j):

$$\sum_{j=1}^M \left\{ \frac{(x_{изм}^j - x_{кор}^j)}{\sigma_j} \right\}^2 \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

і при цьому отримані значення $x_{кор}^i$ і обчислені по них не вимірювані безпосередньо потоки в транспортних лініях $N-M$, що залишилися, задовольняють рівнянню узгодження балансу, тобто алгебраїчна сума обліку всіх вхідних, вихідних потоків і змін запасів за розглянутий інтервал часу або дорівнює нулю, або, (що більш імовірно) досить близько до нуля:

$$\sum_{i=1}^N x_{кор}^i \approx 0. \quad (2.2)$$

При рішенні такої оптимізаційної задачі повинні враховуватися такі природні обмеження:

- скоректоване облікове значення кожного матеріального потоку чи зміни запасу $x_{кор}^i$ при мінімізації виразу (2.1) не може відрізнитися від його виміру $x_{вим}^j$ більш ніж на $3\sigma_j$ (тобто на діапазон, заданий класом точності приладу); якщо скоректоване значення не уклалося в клас точності приладу, то це не обов'язково пов'язане з недостатньою точністю даного приладу, але свідчить про необхідність шукати причину невиконання даного обмеження;

- скоректоване облікове значення будь-якого матеріального потоку чи зміни запасу $x_{кор}^i$ не може бути від'ємним;

- скоректовані облікові значення матеріальних потоків у технологічних агрегатах повинні не виходити за межі наявних технологічних обмежень (зокрема, термодинамічних обмежень на можливі співвідношення витрат потоків);

- скоректоване облікове значення запасу складованого матеріалу не може перевищувати ємність сховища;

- скоректована витрата матеріалу по транспортній лінії (трубопроводу) не може перевищувати її максимально можливу пропускну здатність;

- наднормативні втрати на окремих ділянках виробництва, одержувані в результаті рішення даної оптимізаційної задачі, не можуть перевищувати можливих по існуючих технологічних режимах втрат.

При зведенні узгодженого матеріального балансу в його рівняння повинні бути обов'язково введені:

- всі задані нормативні матеріальні втрати окремих агрегатів

технологічного процесу, щоб при узгодженні виявляти шукані наднормативні втрати й визначати місця їхнього виникнення;

- доданки обліку матеріального споживання на власні потреби підприємства;

- відомі до моменту зведення балансу показники по зафіксованих втратах; зокрема, по вже визначених проривах труб і витокам, по неоформленому внутрішньому споживанню підприємством продукції або сировини.

Слід зазначити, що скоректовані облікові значення витрат матеріальних потоків та змін запасів, що отримані за описаною методикою зведення матеріального балансу, не є «істинними», а є «узгодженими», що не те саме, оскільки в процесі коректування значення одних приладів можуть коректуватися зміни значень низки інших приладів. Тому всі паспортні дані класу точності приладу ніяк не змінюються від отриманої різниці між обмірюваним і його скоректованим значенням і, отже, паспортні похибки використовуваних приладів визначають отриману точність зведення балансу.

Враховуючи усе сказане, можна тепер означити ті автоматизовані функції економічної служби, які повинні виконуватися в ІСА великого ХБП на рівні «АСУВ/MES» при зведенні узгодженого матеріального балансу:

- вирішення оптимізаційної задачі визначення скоректованих значень облікових витрат маси трубопровідних матеріальних потоків (вхідних сировинних і вихідного продуктового) та змін маси запасів (вхідних сировинних і вихідного продуктового) з метою зведення матеріального балансу;

- виявлення матеріальних виробничих наднормативних втрат за розглянутий інтервал часу й визначення місць їхнього виникнення;

- визначення найменування й місця розташування вимірювальних приладів, які за похибкою виміру виходять за їхній паспортний клас точності й вимагають відповідного обслуговування, налаштування, ремонту або заміни;

- надсилання повідомлень до відповідних автоматизованих служб рівня «АСУВ/MES» про виявлені наднормативні втрати (до технологічної і виробничої служб) та про виявлені несправні вимірювальні прилади (до служби КВПіА).

Проаналізувавши зміст цих функцій, можна визначити і перелік тих автоматизованих функцій, які повинні виконуватися в новій ІСА на рівні «ІВС» (див. рисунок 2.2) для вироблення тих даних, які потрібні функціям рівня «АСУВ/MES»:

- розрахунок значень облікових масових витрат (за добу) сипкої та рідкої сировини (борошно, олія, сіль, цукор, дріжджі, плавлений маргарин, рідке яйце, ванілін, ізюм, горіх, вода) у вхідних трубопроводах основного ТП;

- розрахунок значення облікової масової витрати (за добу) готового

продукту (булочні вироби) на вихідному конвеєрі основного ТП;

- розрахунок значень облікових масових змін (за добу) запасів сипкої та рідкої сировини (борошно, олія, сіль, цукор, дріжджі, плавлений маргарин, рідке яйце, ванілін, ізіум, горіх, вода) у вхідних баках, лотках чи резервуарах основного ТП;

- розрахунок значення облікової масової зміни (за добу) продуктових запасів (булочні вироби) на продуктовому складі основного ТП;

- збирання даних з автоматизованих систем нижнього рівня (АСУТП безтарного зберігання борошна, САС вимірювання/контролю) поточних даних по сировині чи продукту, необхідних для виконання усіх розрахунків їх облікових масових поточних витрат та змін запасів (температура, щільність, об'ємні витрати чи запаси).

Тепер визначимо автоматизовані функції для систем нижнього рівня ІСА, точніше, для системи «САС вимірювання/контролю» (див. рисунок 2.2), бо для системи «АСУТП безтарного зберігання борошна» ці функції вже були визначені вище. Так, АСУТП може передати до системи «ІВС» такі виміряні поточні значення параметрів свого ТП:

- масову витрату борошна у вхідному трубопроводі основного ТП;
- масові запаси борошна у кожному силосі.

Виходячи з цього, у системі «САС вимірювання/контролю» необхідно буде виконувати такі додаткові автоматизовані функції:

- вимірювання масового запасу олії і води у вхідних резервуарах основного ТП або вимірювання об'ємного запасу олії і води з додатковим вимірюванням їх щільності та температури всередині цих резервуарів;

- вимірювання масового запасу солі, цукру, дріжджів, маргарину, рідкого яйця, ваніліну, ізіуму і горіху у вхідних баках чи лотках основного ТП;

- вимірювання масової зміни (за добу) продуктових запасів (булочні вироби) на продуктовому складі основного ТП;

- вимірювання масових витрат (за добу) сипкої та рідкої сировини (олія, сіль, цукор, дріжджі, плавлений маргарин, рідке яйце, ванілін, ізіум, горіх, вода) у вхідних трубопроводах основного ТП;

- вимірювання масової витрати (за добу) готового продукту (булочні вироби) на вихідному конвеєрі основного ТП;

- вимірювання щільності та температури потоку олії всередині вхідного трубопроводу основного ТП;

- вимірювання щільності та температури потоку плавленого маргарину всередині вхідного трубопроводу основного ТП;

- вимірювання щільності та температури потоку рідкого яйця всередині вхідного трубопроводу основного ТП.

Таким чином, для всіх складових частин архітектури нової ІСА великого ХБП, яка показана на рисунку 2.2, визначені переліки їх основних автоматизованих функцій.

Опираючись на ці результати проєктування, розробимо тепер концепцію функціональної структури нової ІСА великого ХБП, складовою частиною якої буде проєктована САО борошна. Це концептуальне рішення наведене у додатку Б. Функціональна структура поділена на ті ж самі складові частини, що і архітектура ІСА великого ХБП. Всередині зображення кожної з цих складових частин перелічені їх основні автоматизовані функції, які вони повинні виконувати при роботі ІСА.

Подальше детальне проєктування за темою даної бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту буде стосуватися лише однієї частини даної ІСА, а саме, системи автоматизованого обліку (САО) борошна, що, у свою чергу, є складовою АСУТП безтарного зберігання борошна великого ХБП.

3 Проєктування технічної частини системи

3.1 Деталізація функціональної структури системи

На основі вимог технічного завдання на дипломне проєктування та спроєктованої вище схеми функціональної структури ІСУ великого ХБП розробимо детальну схему функціональної структури для системи автоматизованого обліку (САО) борошна. На цій деталізованій схемі відобразимо усі її функції так, як це показано на рисунку 3.1.

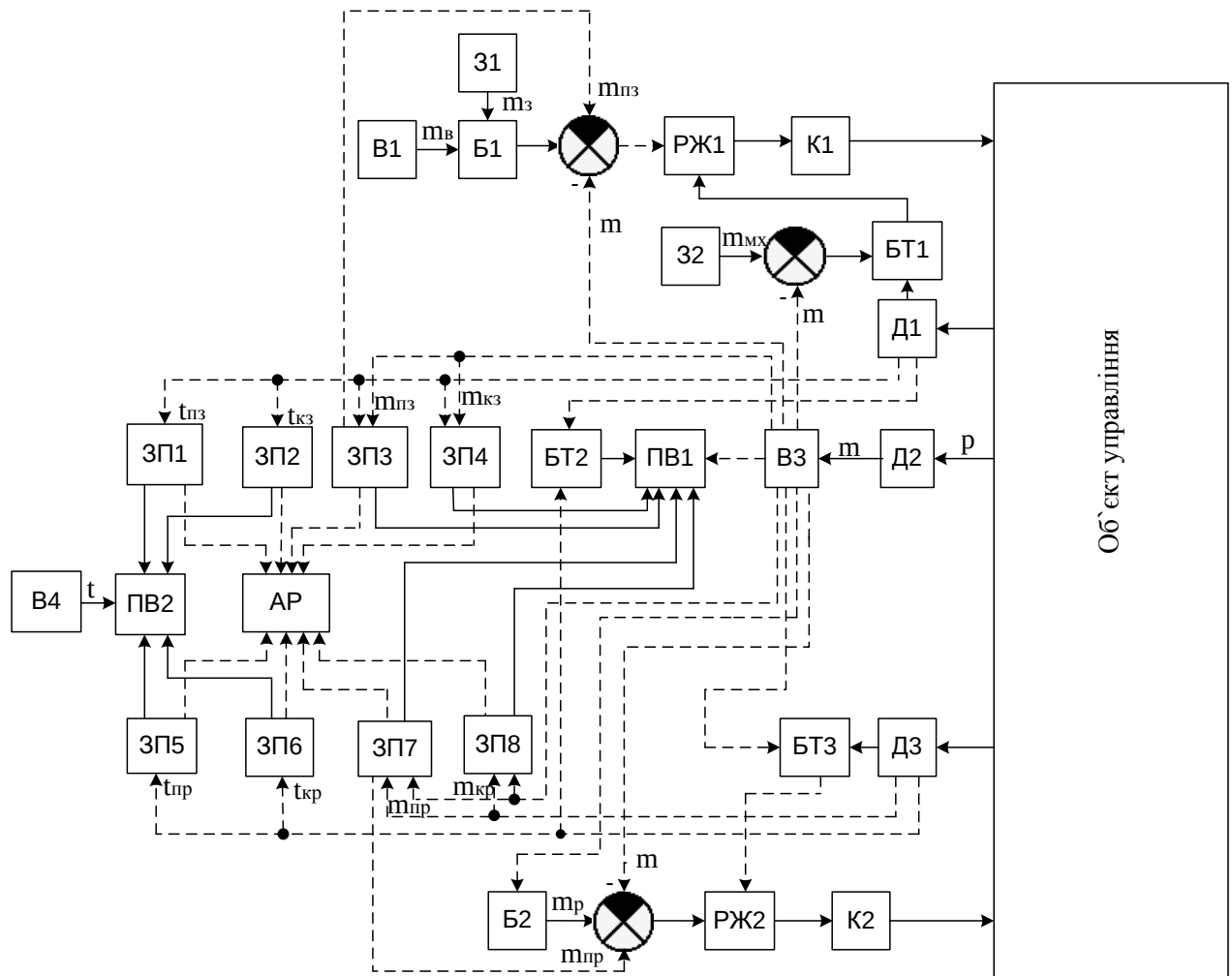


Рисунок 3.1 – Деталізована схема функціональної структури САО

На цій схемі використовуються такі позначення:

- В1 – пристрій для вимірювання маси борошновозу (ваги), m_v ;
- З1 – задання маси борошна m_z , яку треба вивантажити ;
- Б1 – блок формування команд для завантаження певної маси в

силос;

- РЖ1 – роторний живитель;
- К1 – компресор(повітряний насос);
- З2 – завдання максимально дозволеної маси силосу $m_{\text{мх}}$;
- БТ1– блок тривоги(перевантаження силосу);
- Д1 – датчик руху борошна у вхідній трубі силосу;
- ЗП1 – пристрій для запам'ятовування часу початку завантаження силосу $t_{\text{пз}}$;
- ЗП2 – пристрій для запам'ятовування часу кінця завантаження силосу $t_{\text{кз}}$;
- ЗП3 – пристрій для запам'ятовування маси силосу до завантаження борошном $m_{\text{пз}}$;
- ЗП4 – пристрій для запам'ятовування маси силосу після завантаження борошном $m_{\text{кз}}$;
- БТ2 – блок тривоги(зменшення маси в силосі при відсутності закачування і відкачування);
- В3 – пристрій вимірювання маси силосу m ;
- ПВ1 – пристрій відображення маси силосу m ;
- Д2 – датчик маси силосу;
- В4 – пристрій для вимірювання поточного часу t (таймер);
- ПВ2 – пристрій відображення часу, t ;
- ЗП5-ЗП8 – аналогічно до ЗП1-ЗП4, тільки для випадку розвантаження силосу;
- БТ3 – блок тривоги(сигналізує про спорожнення силосу);
- Д3 – датчик руху борошна у вивідній трубі силосу;
- Б2 – блок задання маси, яку треба відкачати з силосу;
- РЖ2 – реверсивний живитель;
- К2 – компресор;

При приїзді борошновоза на підприємство його зважують. Знаючи масу машини без вантажу можна визначити її масу з вантажем. Ця маса запам'ятовується як m_1 в блоці В1. Всю масу m_1 треба завантажити в блок силосів. Рідко коли в один силос можна (а тим більше доцільно) завантажувати всю сировину з машини. Тому з пульта оператора задається маса борошна m_2 , яку треба вивантажити в цей силос (блок З1). Блок Б1 визначає, скільки сировини поступить в силос: якщо величина З1 не задана-закачуємо все, що є в машині, якщо задана - закачуємо лише З1.

При спрацюванні датчика Д1 на рух борошна подається сигнал на запам'ятовування початкової маси силосу та час початку завантаження в блоках ЗП3 та ЗП1 відповідно. Коли маса в силосі досягає значення, запам'ятовано в ЗП1 плюс значення з блока Б1, то на вхід реверсивного живителя РЖ1, який живить компресор К1, що нагнітає повітря в труби і забезпечує доставку борошна, перестає поступати сигнал, і робота компресора припиняється. В цей момент датчик Д1 фіксує зупинку подачі борошна, і блоки ЗП4 і ЗП2 фіксують відповідно масу силосу та час.

Блок 32 запам'ятовує максимально можливу масу, яка може вміститись в один силос. Ця маса складає 35 тонн для борошна високої якості. Це значення порівнюється з поточною масою силосу, і у разі заповнення силосу до цього значення подається сигнал блокування роботи реверсивного живителя і починає працювати блок тривоги БТ1, який сигналізує про заповнення силосу.

Тензодатчик Д2 призначений для вимірювання маси силосу. Сигнал з Д2 поступає на В3, і блок В3 показує реальне значення маси силосу. З блока В3 значення поточної маси борошна в силосі беруть всі блоки, які його використовують, зокрема блок ПВ1, який відображає поточну масу силосу. Також цей блок відображає масу до і після кожного закачування чи відкачки борошна.

Якщо відбувається зменшення маси в силосі, але датчики Д1 і Д3 не показують процес руху борошна, то це аварійна ситуація, про яку сигналізує блок тривоги БТ2.

Аналогічно до блока ПВ1, ПВ2 відображає поточний системний час(бере з системного таймера, блока В4), час початку і кінця кожної операції над силосом(бере з блоків ЗП3, ЗП4).

Викачка борошна з силосу відбувається за схемою, подібною до закачування.

З пульта оператора (або в автоматичному режимі) задається маса борошна, яка потрібна в технологічному процесі на даний момент в блоці Б2. Починається відкачка борошна з силосу.

Спрацьовує датчик руху Д3, який дає сигнал на запам'ятовування початкової маси силосу та час початку розвантаження в блоках ЗП7 та ЗП5 відповідно.

Коли маса в силосі досягає значення, що запам'ятовано в ЗП7, мінус значення з блока Б2, то на вхід реверсивного живителя РЖ2, який живить компресор К2, що нагнітає повітря в труби і забезпечує доставку борошна, перестає поступати сигнал, і робота компресора припиняється. В цей момент датчик Д2 фіксує зупинку подачі борошна, і блоки ЗП8 і ЗП6 фіксують відповідно масу силосу та час.

У разі, якщо маса борошна в силосі опускається до мінімуму(про що говорить сигнал з В3) при тому, що з Д3 йде сигнал, то спрацьовує блок тривоги БТ3, який сигналізує про те, що даний силос майже пустий. Значення з блоків ЗП1, ЗП2, ЗП3, ЗП4, ЗП5, ЗП6, ЗП7, ЗП8 записуються в архів історії технологічного процесу.

Для описаної деталізованої схеми функціональної структури системи автоматизованого обліку борошна на великому хлібобулочному підприємстві обґрунтуємо тепер вибір найкращого варіанту її технічної реалізації, використавши для цього критерій вибору «функціональність/ціна», який для вибраного нами варіанта повинен мати найбільше значення серед усіх.

3.2 Обґрунтування вибору оптимального варіанта технічної реалізації САО

Функціонування будь-якої комп'ютеризованої системи управління, основою якої є засоби комп'ютерної техніки, вимагає, в першу чергу, ефективної та надійної взаємодії різних програмних продуктів. Як було вже показано вище, ці програмні продукти й розв'язувані ними задачі доцільно розділяти на декілька ієрархічних рівнів управління. Найбільш розповсюдженим зображенням цієї ієрархії є піраміда автоматизації (рисунок 3.2 [1-3]). Два нижніх рівні піраміди утворюють АСУТП, два верхніх рівні - АСУП.

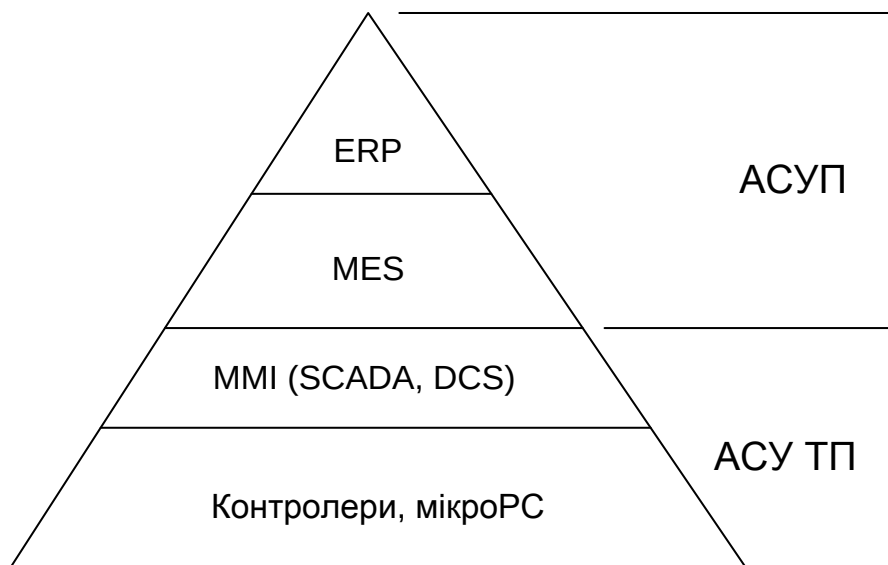


Рисунок 3.2 – Ієрархічна піраміда автоматизації

Група задач, розв'язувана на рівні програмованих логічних контролерів (ПЛК) чітко відноситься до сфери АСУТП.

Наступний рівень задач в ієрархії інтегрованого управління виробництвом відноситься до систем типу SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) і DCS (Distributed Control Systems). Вони вирішують задачі управління процесом з операторських станцій і підтримки розподілених систем управління. Крім іншого, системи SCADA і DCS містять у собі задачі класу MMI (Man-Machine Interface) або HMI (Human-Machine Interface), тобто задачі забезпечення людино-машинного інтерфейсу, двостороннього зв'язку "оператор - технологічне обладнання".

Вершину ієрархії задач управління складають задачі, що відносяться до класу ERP (Enterprise Resource Planning - планування ресурсів підприємства) або MRP (Manufacturing Resource Planning - планування ресурсів виробництва). Системи ERP орієнтовані на підприємство в цілому, а MRP на його технологічні підрозділи.

Поступово між MMI і ERP утворилася проміжна група систем, називана MES (Manufacturing Execution Systems). Вона виникла внаслідок відокремлення задач, що не відносяться ні до однієї з раніше визначених груп. До систем MES прийнято відносити програмні продукти, що відповідають:

- за управління виробничими й людськими ресурсами в рамках технологічного процесу;
- за планування й контроль послідовності операцій технологічного процесу;
- за управління якістю продукції;
- за зберігання вихідних матеріалів і виробленої продукції по технологічних підрозділах;
- за технічне обслуговування виробничого обладнання;
- за зв'язок систем ERP і SCADA/DCS.

В наш час в MES-системах відбулося відділення тактичних задач оперативного управління технологічними процесами від стратегічних задач ведення процесу в цілому. Зокрема, у хімічній, металургійній, харчовій і деяких інших галузях промисловості можна виділити задачі управління технологічними послідовностями (batch control). Їхня суть полягає у забезпеченні випуску продукції в потрібному обсязі із заданими технологічними характеристиками при наявності можливості переходу на новий вид продукції. Відділилися також й задачі ведення архіву значень технологічних змінних з можливістю відновлення виробничих ситуацій минулих періодів і аналізу позаштатних ситуацій.

Крім того, з'явилися програми для навчання технологічного персоналу й оптимізації ведення технологічних процесів (наприклад, комп'ютерні тренажери для операторів чи диспетчерів складного технологічного процесу або устаткування).

Виходячи із суті етапу ескізного проектування автоматизованих систем управління виробництвом, однією з головних його задач можна вважати розробку загальної концепції побудови такої системи з урахуванням особливостей виробничого процесу. Треба також зазначити, що ці особливості впливають в першу чергу на концепцію побудови автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУТП), що є основою всієї АСУ, так як постачає найбільший обсяг технологічної інформації для ефективного управління виробництвом.

Тому розглянемо саме концептуальні варіанти побудови як АСУТП безтарного зберігання борошна, так і її складової частини – системи автоматизованого обліку борошна. Згідно до сучасної теорії та практики автоматизації виробництва, можна виділити такі основні технічні рішення систем даного рівня [27]:

- АСУТП на основі плат введення/виведення;

- АСУТП на основі модулів віддаленого введення/виведення;
- АСУТП на основі промислових контролерів.

Розглянемо кожний з перерахованих варіантів та визначимо, який з них найбільш задовольняє вимогам технічного завдання та особливостям технологічного/виробничого процесу зберігання борошна.

Виконання АСУТП на основі плат введення/ виведення показано на рисунку 3.3 [27].

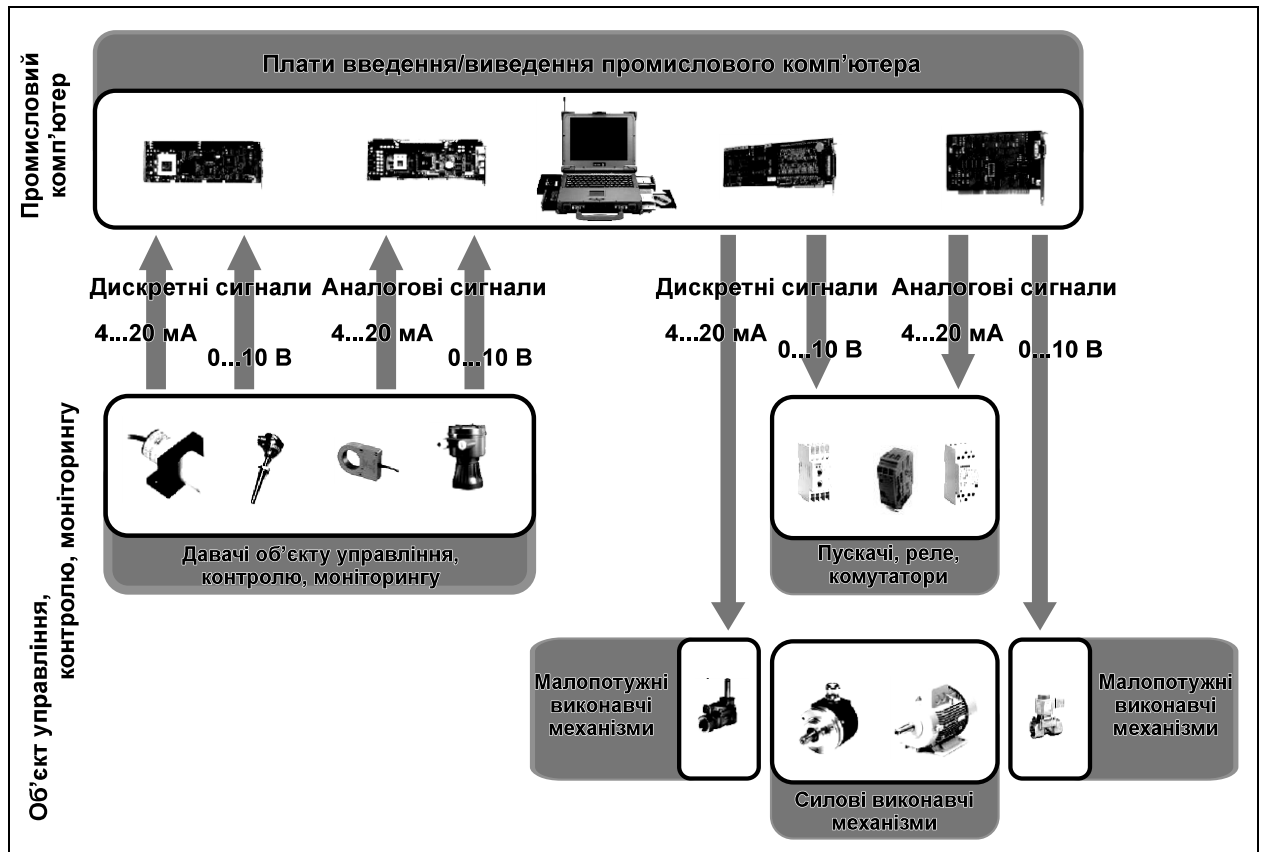


Рисунок 3.3 – Побудова АСУТП на основі плат введення/виведення

Нижній рівень у більшості структур АСУТП аналогічний. На об'єкті управління розміщуються датчики, які виконують функцію збору інформації про необхідні параметри технологічного процесу. Сигнали датчиків можна поділити на дві групи: дискретні та аналогові. Найбільш поширеними дискретними сигналами є бінарний та ступеневий. Оскільки обробка інформації здійснюється в АСУТП цифровими та програмними засобами, то аналоговий сигнал спочатку за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) перетворюється в дискретний.

Крім того вхідні сигнали поділяються на сигнали по напрузі та по струму. Якщо величина сигналу не відповідає нормативним величинам сигналів по входу пристроїв, то сигнал підлягає первинному перетворенню

відповідними перетворювачами. На сьогоднішній день більшість сигналів датчиків уніфіковані.

Сигнали датчиків подаються на входи плат аналогового/дискретного введення. Плати введення/виведення розміщуються в відповідних слотах промислового комп'ютера. Обробка сигналів здійснюється SCADA-системою, встановленою на промисловому комп'ютері. Сигнали управління та регулювання через плати аналогового/дискретного виведення подаються на малопотужні виконавчі механізми безпосередньо та на пускачі силових виконавчих механізмів.

Подібна структура АСУТП характерна для невеликих за складністю та розмірами, а також некритичних по надійності, технологічних процесів та виробничих ділянок, контроль параметрів та управління якими здійснюється періодично. Тобто подібна структура найбільше підходить для локальних технологічних процесів.

Виконання АСУТП на основі модулів віддаленого введення/виведення сигналів показано на рисунку 3.4 [27].

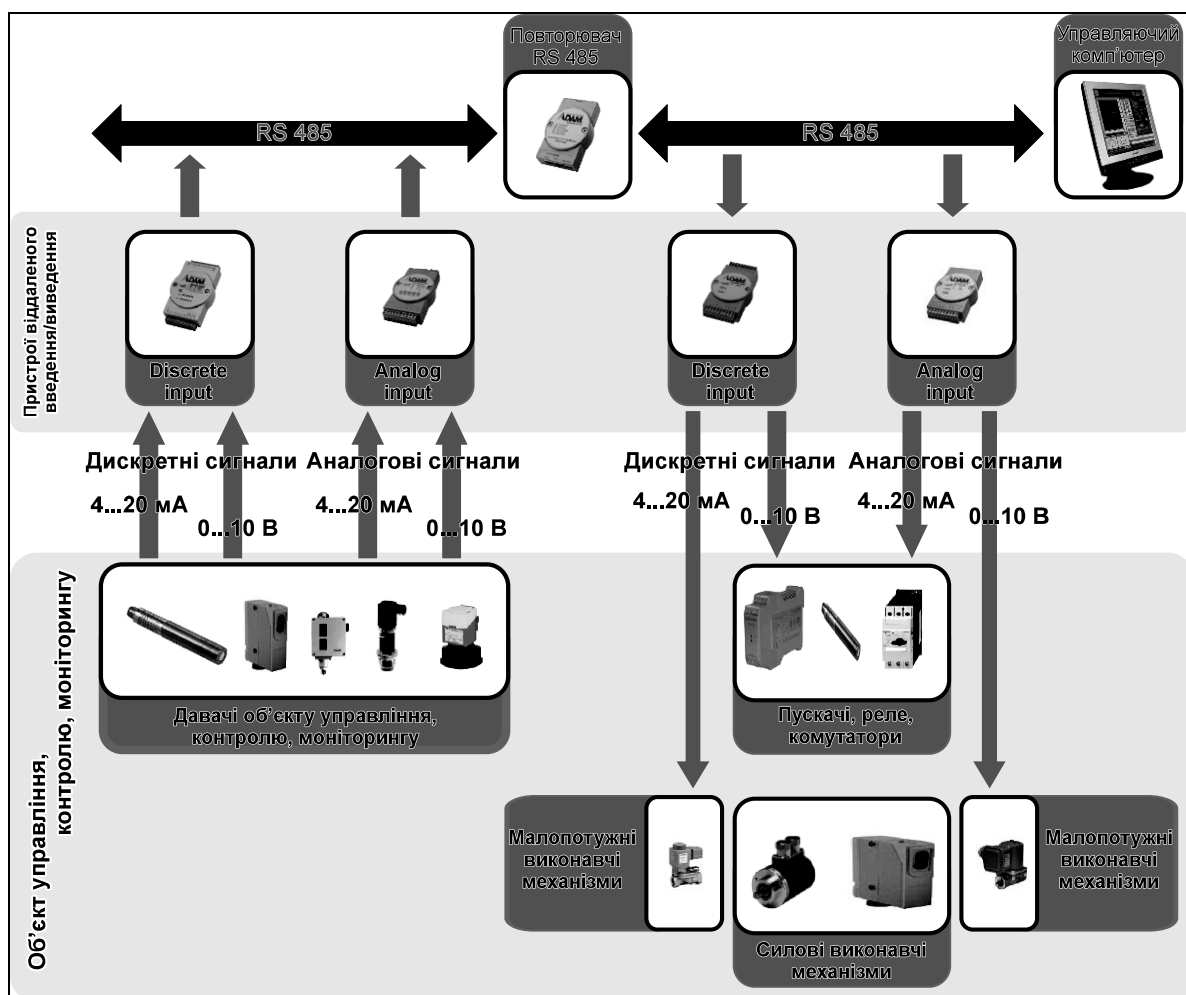


Рисунок 3.4 – Побудова АСУТП на основі модулів віддаленого введення/виведення

Сигнали датчиків подаються на відповідні входи модулів віддаленого введення. При цьому усі модулі введення/виведення включені в локальну промислову мережу і розміщуються на невеликій відстані від датчиків. Якщо мережа покриває значну територію, то для підсилення інформаційного сигналу використовують модулі підсилювачів-повторювачів.

Управляючий комп'ютер, в ролі якого може бути використаний індустріальний персональний комп'ютер, повинен мати підтримку інтерфейсів промислової мережі. Інформація оброблюється SCADA-системою, встановленою на управляючому комп'ютері. Сигнали управління через мережу подається на модулі віддаленого дискретного/аналогового виведення.

Модулі аналогового введення/виведення вміщують вбудовані АЦП, тому в мережу подається вже дискретна інформація. Сигнали регулювання та управління подаються на виконавчі механізми або їх пускачі.

Подібна структура може бути використана для автоматизації процесів, які займають територіально більш значно площу ніж в першому варіанті, а також характеризуються більшою складністю, наприклад, більшою кількістю та різноманітністю точок входу/виходу. Крім того, таку систему легше розширити за рахунок включення до мережі нових модулів віддаленого введення/виведення, а також шляхом підключення нових автоматизованих робочих місць (АРМ) операторів.

Дана структура підходить для автоматизації технологічних процесів, контроль та управління якими здійснюється переважно періодично, а також тоді, коли необхідно віддалити управляючий комп'ютер на значну відстань від технологічного процесу.

Виконання АСУТП на основі промислових контролерів показане на рисунку 3.5 [27].

Сигнали датчиків подаються на модулі аналогового/дискретного введення, які встановлюються в корпусі промислового контролера. Кількість модулів в промисловому контролері від 4 до 8, кількість контролерів в системі – довільна. Функції обробки сигналів прошиті в самих контролерах, тобто кожний контролер з підключеними до нього джерелами та приймачами сигналів утворюють автономну локальну АСУ ТП. Усі контролери об'єднуються у мережу, в яку передаються необхідні дані моніторингу для верхнього рівня автоматизації та команди управління з верхнього рівня до контролерів. АРМ операторів також підключені до мережі з можливістю їх віддалення від технологічного процесу практично на будь-яку відстань. В систему може бути включений сервер баз даних для накопичення архівів параметрів технологічного процесу.

Подібна структура дозволяє будувати великі розподілені АСУ ТП, технологічні процеси яких є критичними та потребують постійного регулювання. Дана структура легко дозволяє розширювати систему як на нижньому рівні АСУ ТП, так і на її верхньому рівні, а також інтегрувати її з

АСУП. Недоліком подібної структури є порівняно велика вартість реалізації.

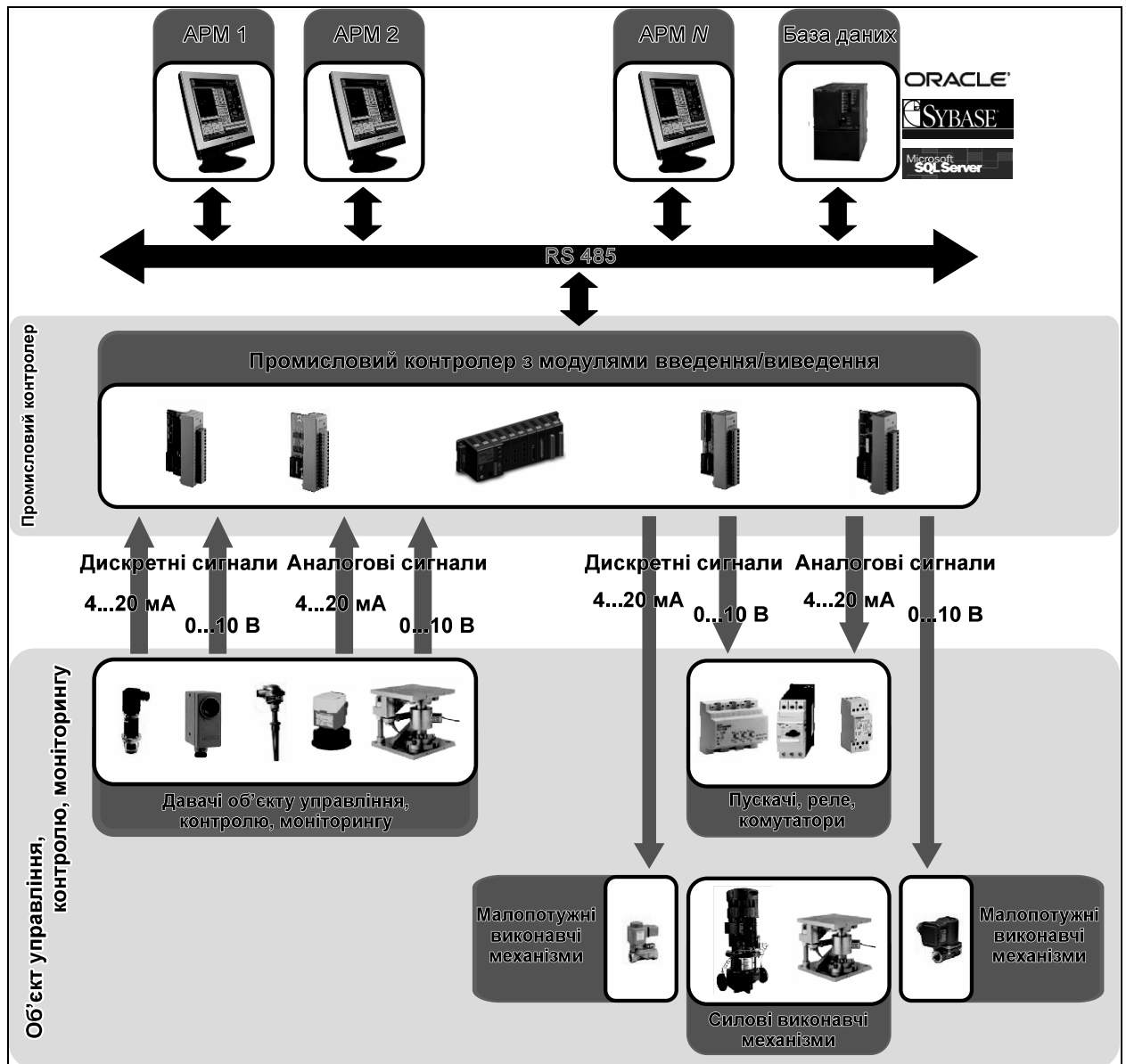


Рисунок 3.5 – Побудова АСУТП на основі промислового контролера

Проаналізувавши вищенаведені структури побудови АСУТП, для подальшої розробки проєкту системи автоматизованого обліку борошна, яка є частиною АСУТП безтарного зберігання борошна, вибираємо варіант, що об'єднує промисловий контролер з набором модулів віддаленого введення-виведення сигналів. Це значно здешевить реалізацію проєкту, бо замість багатьох промислових контролерів буде використовуватися лише один, але його підсистема введення-виведення сигналів буде розвинена за рахунок великої кількості дешевих модулів віддаленого введення/виведення сигналів.

Крім того, такий вибір пояснюється гнучкістю структури такої системи, бо при її модернізації та розширенні є можливість створення додаткових АРМ операторів, резервування окремих функціональних вузлів, підключення баз даних та інтеграції її з рівнем MES.

3.3 Розробка електричної структурної схеми системи

На основі розробленої деталізованої схеми функціональної структури САО борошна та вибраного найкращого варіанту її технічної реалізації була розроблена її електрична структурна схема, що наведена в додатку Б.

Система обслуговує блок з 16 силосів з борошном. Кожний силос оснащується однаково. Так, для силосу №1 застосовується датчик ваги борошновозу 1, який підключається до відповідного модуля віддаленого введення його сигналу (блоки 2 та 3). Цей модуль через промислову мережу, наприклад RS-485, з'єднується з потужним промисловим контролером 129. При розвантажуванні борошновозу на вхідному шлангу силоса спрацьовує датчик руху борошна 4, який також передає відповідний сигнал початку (закінчення) відкачування борошновозу до контролера 129.

Для забезпечення відкачування борошна з силосу №1 застосовується датчик 5 маси силоса разом з борошном, який підключається до свого модуля віддаленого введення сигналу (блоки 6 та 7). Цей модуль також через промислову мережу RS-485, з'єднується з потужним промисловим контролером 129. На вихідному шлангу силоса також встановлюється датчик руху борошна, який передає відповідний сигнал початку (закінчення) відкачування силосу до контролера 129.

Уся зібрана контролером 129 інформація про хід технологічного процесу зберігання борошна передається до комп'ютера оператора 130, де обробляється та виводиться на графічний інтерфейс оператора.

Контролер 129 керує також повітряними компресорами борошновозів та силосів, формуючи відповідні сигнали їх вмикання або вимикання, що подаються на електромагнітні пускачі 131-194 компресорів.

3.4 Вибір технічних засобів автоматизації

Сучасний рівень комп'ютерної техніки для автоматизації технологічних процесів, що поставляється до України, дозволяє вирішити поставлене завдання в короткі терміни і з витратами, які окупаються протягом року за рахунок значного поліпшення якості обліку приходу-витрат борошна.

Для визначення часу початку закачування борошна з борошновозу і фіксації початкової і кінцевої ваги були вибрані спеціалізовані

радіолокаційні датчики руху РДД [28], призначені для контролю наявності (відсутності) руху потоку продукту в пневматичному транспорті.

Сигнали з радіолокаційних датчиків руху РДД будуть подаватися на модулі введення дискретних сигналів 70G-IDC5 фірми Grayhill [28]. Для відключення магнітних пускачів електродвигунів роторних живильників відкачування борошна в їх вхідний ланцюг вводимо нормально замкнуті монолітні реле типу 70-0AC5A5 фірми Grayhill [28]. Такі ж реле будуть керувати відключенням магнітних пускачів, що подають живлення на компресори борошновозів.

Для забезпечення вимірювань ваги в системі розглядувалися тензометричні датчики, вироблювані фірмами «Тензо-М» і Scaime [28]. Для них у шафі контролера тензометричних вимірювань розміщуємо:

- каркас контролера Micro-PC, що містить процесорну плату типу 5066, плату введення-виведення дискретних сигналів типу 5600-48 і мережеву карту Ethernet - плату типу 5500 [28];
- модулі ADAM-4016 для введення сигналів тензодатчиків (рисунок 3.6) і плату модулів гальванічної ізоляції ADAM-3864 фірми Advantech;
- модулі оптронної розв'язки типу 70G-IDC5 і монолітні нормально замкнуті реле 70-0AC5A5 фірм Grayhill, що встановлюємо на панелях МРВ-16;

Модулі ADAM-4016 мають такі характеристики. Конструкція-модуль з послідовним інтерфейсом, монтаж на DIN рейку, пластиковий корпус. Інтерфейс: RS-485. Швидкість передачі даних: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 Бит/с. Максимальна довжина лінії зв'язку: 1200м.



Рисунок 3.6 – Модуль ADAM-4016 для введення сигналів тензодатчиків

АРМ оператора і контролер тензовимірювань Micro-PC будуть включені в спільну локальну цифрову мережу підприємства через 10-мегабітовий концентратор Ethernet.

Для зважування автомобіля вибрані автомобільні ваги АВД-20т (рисунок 3.7). Швидкість обробки одного автомобіля від моменту зважування до отримання документів становить не більше 3 хвилин. Завдяки цьому забезпечується високий ступінь автоматизації пункту вагового контролю - вся інформація передається виключно в електронному вигляді і потім може бути затребувана в будь-якому місці з комп'ютерної мережі.



Рисунок 3.7 – Автомобільні ваги типу АВД-20т

Технічні характеристики автомобільних ваг типу АВД-20т такі:

- найбільша границя зважування (НГЗ) (Найбільша маса автомобіля, що зважується) 160 т ;
- найбільша маса, що впливає на вісь або осі автомобіля в русі, не більше 20 т;
- клас точності ваг згідно з ГОСТ 30414-96 0,5;
- дискретність відліку ваг – 10 кг;
- похибка вимірювання швидкості автомобіля і міжосьових відстаней – 10%;
- відстань від електронного блоку до ваговимірювальної платформи не більше 100 м;
- є можливість управління світлофорами (сухий контакт) через 2 канали;
- габаритні розміри ваговимірювальної платформи не більше 800х530мм;
- гарантійний термін експлуатації 1 рік.

Для вимірювання ваги силосу з борошном вибираємо пристрій ваговий тензометричний, що складається з первинних перетворювачів сили (тензодатчиків), ваго-приймальних вузлів (ВВ), вторинного прецизійного вимірювального контролера серії ІК-5, клемної (розподільчої) коробки або попереднього підсилювача, а також з'єднувальних кабелів.

Принцип дії пристрою полягає у вимірі вихідної електричної напруги,

що виникає у вимірювальній діагоналі вимірювального мосту тензодатчика в результаті деформації його пружного елемента при прикладанні навантаження. Вимірюване електрична напруга перетворюється в цифровий код з подальшою обробкою і виведенням на цифровий індикатор.

Вимірювальний контролер серії ІК-5 (рисунок 3.8) виконує перетворення і програмну обробку вихідної напруги тензодатчиків, а також здійснює обробку сигналів клавіатури, вхідних дискретних сигналів, управляє індикацією і блоком виводу дискретних сигналів.



Рисунок 3.8 - Вимірювальний контролер серії ІК-5

Прецизійний вимірювальний контролер серії ІК-5 призначений для вимірювання напруги постійного струму, відображення результату вимірювання на цифровому індикаторі в зручному для користувача вигляді, а також контролю і управління ваговимірювальними і дозуючими системами.

Технічні характеристики контролера наведені в таблиці 3.1.

Вимірювальний контролер ІК-5 може використовуватися в складі електронних засобів вимірювання, наприклад, таких як електронні ваги, бункерні ваги, залізничні ваги, автомобільні ваги, автоматичні вагові дозатори, і інше контрольне та технологічне обладнання.

Вимірювальний контролер ІК-5 може також використовуватися як 1-канальний однокомпонентний ваговий дозатор дискретної дії.

Перетворювач ІК-5 підтримує інтерфейс передачі даних RS-232 і RS-485, що дозволяє на основі пристрою вагового тензометричного створювати системи з обліку матеріалів, управляти технологічними процесами, вбудовувати в існуючу АСУ ТП.

Для роботи в якості дозатора вимірювальний контролер ІК-5 комплектується блоком управління дозуванням, що обговорюється при оформленні замовлення.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики контролера ІК-5

Характеристика	Значення
Напруга живлення датчиків, В	5±0,5
Опір навантаження по ланцюгу живлення датчиків, Ом	50
Робочий коефіцієнт передачі сигналу датчиків, мВ / В	0,14
Кількість ліній для підключення датчиків	6
Довжина проводів для підключення датчиків, м	100
Внутрішнє дозвіл контролера, діл	16 777 216
Кількість повірочних поділок,	до 100000
Нелінійність коефіцієнта перетворення,%	0,0018
Догляд коефіцієнта перетворення від температури,% / ° С	$2 \cdot 10^{-5}$
Догляд нуля від температури,% / ° С	$2 \cdot 10^{-7}$
Ступінь захисту	IP 54
Споживана потужність, ВА	10
робочих температур, ° С	від -10 до +40
Габарити, мм	158x148x68
Маса, кг	1
Середній час напрацювання на відмову, годин	10000
Середній термін служби, років	10
Гарантійний термін експлуатації, рік	1

Використання інтерфейсу RS-485 дозволяє об'єднувати до 32 вимірювальних контролерів ІК-5 в локальні інформаційні мережі з підключенням мережі до АСУ ТП. Система команд віддаленого доступу дозволяє повністю керувати контролером за допомогою комп'ютера.

Вимірювальний контролер працює з будь-якими первинними перетворювачами, заснованих на мостових або полу мостова схема вимірювання.

Принцип дії ІК-5 заснований на вимірюванні і перетворенні в цифровий код сигналу первинних перетворювачів. Далі сигнал обробляється мікропроцесором за заданою програмою. Програма роботи мікропроцесора записана в постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП). Вимірювальний контролер ІК-5 має цифровий індикатор, клавіатуру управління і сигнальні світлодіодні індикатори.

При роботі в якості дозатора вимірювальний контролер ІК-5 самостійно формує всі керуючі сигнали для виконання дозування, а також має адаптивний алгоритм коректування наступної дози.

Результат вимірювання може бути представлений в будь-яких одиницях вимірювання - грам, кілограм, тонна, кількість оборотів, і так далі. Таким чином, вимірювальний контролер ІК-5 являє собою універсальний вторинний перетворювач.

Спеціальні схемотехнічні та програмні рішення дозволили отримати роздільну здатність АЦП контролера не гірше 100 000 поділок. Контролер має систему коригування змін вимірюваного сигналу, пов'язаних зі зміною температури навколишнього середовища.

В якості тензодатчика для вимірювання ваги силосу з борошном вибраний датчик фірми Scaime. Його характеристики наведені в таблиці 3.2, а його монтаж – на рисунку 3.9.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики тензодатчика Scaime

Характеристика	Значення
Навантаження на УВТ, т	0,01-200
Мінімальна похибка, %	0,05
Кількість тензодатчиків	1-8
Діапазон температур:	
- для ППС	від -30 ° С до +40 ° С
- для вторинного приладу	від -10 ° С до +40 ° С
Час напрацювання, годин	10000
Середній термін служби, років	10
Гарантія, рік	1



Рисунок 3.9 – Монтаж тензодатчика Scaime під силосом

3.5 Розробка функціональної схеми автоматизації системи

На основі технічних засобів автоматизації, що були вибрані вище, розробимо функціональну схему автоматизації системи автоматизованого обліку борошна на великому ХБП. Ця функціональна схема автоматизації наведена в додатку Б. У верхній частині схеми показані 16 силосів з борошном, що встановлені на хлібобулочному підприємстві. Для кожного з силосів створено два контури регулювання. Перший контур регулювання пов'язаний з необхідністю контролювати процес завантаження борошна до силосу. Його утворюють датчик для вимірювання маси автомобіля (1-1), радіолокаційний датчик для контролю наявності руху борошна (1-3), пускач (реверсивний живитель) повітряного насоса (1-2), тензодатчик вимірювання маси силосу (1-4), електричний сигнал з якого передається на модуль вторинного перетворення ADAM – 4016 (1-5, 1-6).

Другий контур регулювання пов'язаний з необхідністю контролювати процес відкачки борошна з силосу. До нього належать радіолокаційний датчик для контролю наявності руху борошна (2-1) і пускач (реверсивний живитель) повітряного насоса (2-2). В управлінні цим контуром також приймає участь елемент 1-4 (а також пов'язані з ним 1-5 і 1-6), але він входить до 1-го контуру регулювання, тому в 2-му контурі його не позначаємо.

Сигнал через лінію RS-485 вводиться до процесорної плати CPU 5066 контролера Micro-PC, яка обробляє їх. Датчики руху борошна мають дискретний вихід і видають лише 2 види сигналів, тому для них не потрібно вторинного перетворювача. Сигнал з них вводиться до плати введення-виведення дискретних сигналів 5600-48 через блок оптичної розв'язки 70G-1DC5. З цієї ж плати подаються команди у вигляді дискретних сигналів на реверсивний живитель через блок оптичної розв'язки 70-DAC5A5 (ADAM-3864). Операційною системою та програмним середовищем для цього контролера служить SCADA-система WinCC. Також контролер має плату Ethernet для передачі даних на АРМ оператора, де за допомогою SCADA-системи його параметри відображаються через ЛМІ оператора.

4 Проєктування програмної частини системи

4.1 Вибір інструментальної системи проєктування

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

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

Системи SCADA дозволяють виконувати весь комплекс проєктних робіт в єдиному інструментальному середовищі, в результаті чого можна не тільки швидко розробити проєкт 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 проєктування є зворотним боком його переваг. Швидкість проєктування 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 проєктування ПЗ або його модернізації раптом проявляється недостяга функціональність штатних засобів конкретної системи SCADA.

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

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 проєктувальнику найбільшу свободу дії. Застосовуючи ці сучасні інструментальні системи, можна, без сумніву, вирішити будь-яку проєктну задачу в області автоматизації. Проте, така свобода дій потребує і відповідної високої кваліфікації самого проєктувальника, в результаті чого проєкт 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 проєктувальник.

Таким чином, виходячи з поставленої мети – зробити більш дешевий проєкт САО, 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)	+	+	+	2 449,70
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» [32], «WinCC» виробництва «Siemens» [31] та «Citect 6» виробництва «Citect Pty. Ltd» [30].

Враховуючи те, що інструментальна система «WinCC» використовувалась нами у ряді навчальних дисциплін спеціальності, то вибираємо саме цю систему для подальшого проєктування ПЗ CAO борошна, яка є складовою частиною АСУТП безтарного зберігання борошна на великому ХБП.

4.2 Архітектурне проєктування програмного забезпечення

Розробка архітектури програмного забезпечення (ПЗ) в середовищі SCADA–системи WinCC передбачає визначення:

- складу вузлів (nodes) системи управління, на яких буде виконуватися це програмне забезпечення;
- структури об'єктів (objects) кожного вузла, яка є способом структурування бази каналів як самого вузла, так і системи управління в цілому;
- переліку каналів обробки інформації, що входять до складу кожного з визначених об'єктів ПЗ;

Для нашого прикладу структура проєктованої системи будується на основі однієї операторської станції (рисунок 4.1) та групи модулів віддаленого введення/ виведення сигналів типу ADAM-4000 (рисунок 4.2).

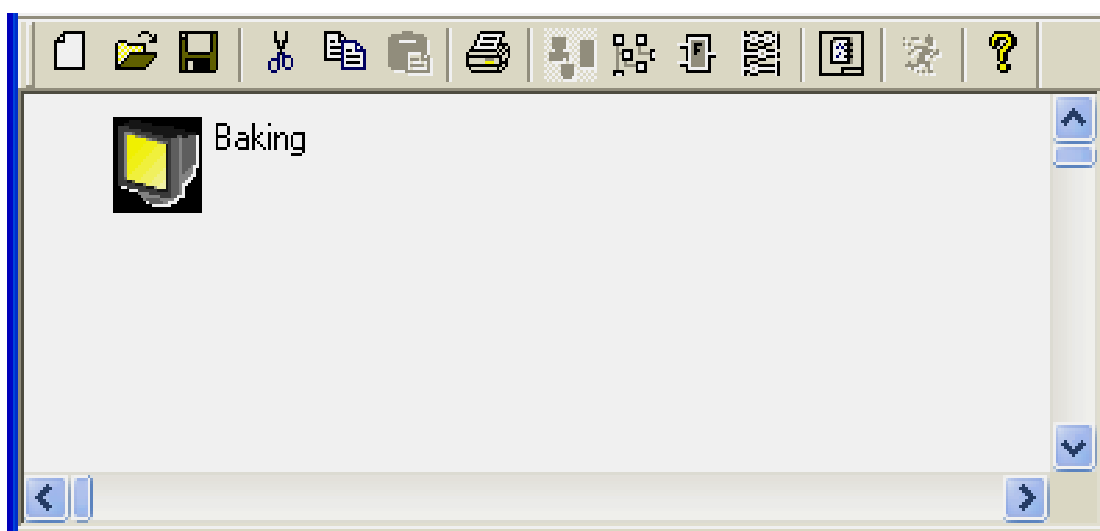


Рисунок 4.1 – Вікно редактора бази каналів з піктограмою вузла Baking

З цих пристроїв тільки операторська станція може програмуватися засобами SCADA-системи WinCC. Модулі же ADAM-4000 програмуються тільки через додаткові програми-утиліти, які постачаються разом з ними.

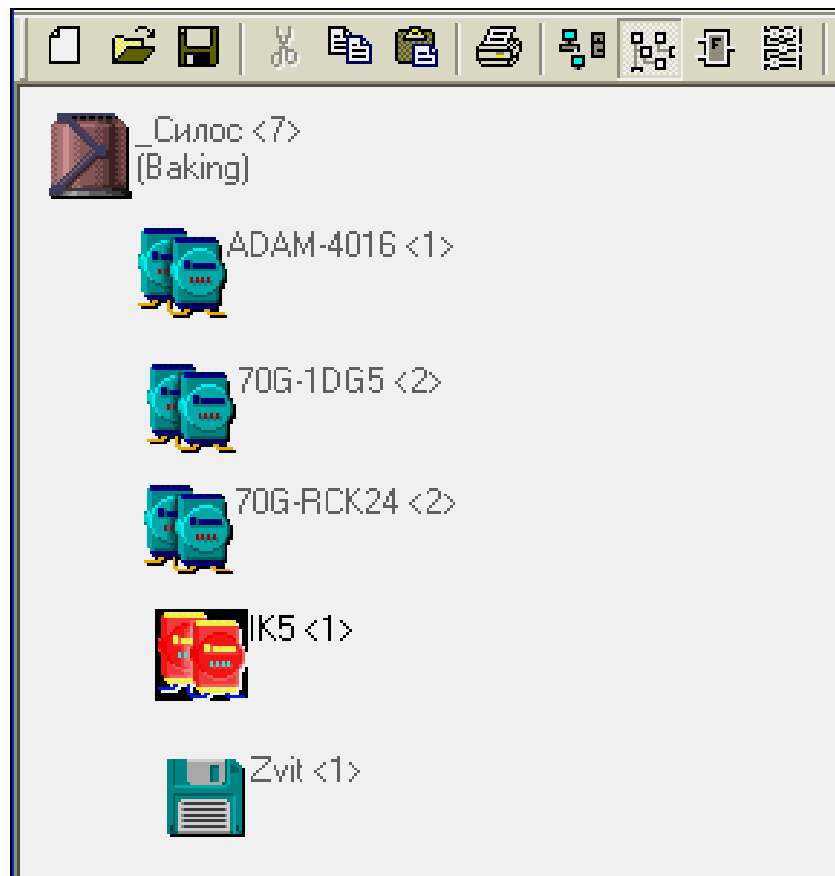


Рисунок 4.2 - Об'єкти проєктованого ПЗ в редакторі бази каналів ТМ

Тому склад вузлів системи управління в редакторі бази каналів ТМ буде представлений тільки одним вузлом типу «великий МРВ», що є операторською станцією з встановленим на ній монітором реального часу (МРВ) системи ТМ. Назвемо його "Baking".

У вікні об'єктів редактора бази каналів ТМ створимо єдиний головний об'єкт «Силос», який буде містити, відповідно, ПЗ для регулювання маси борошна в силосі.

Крім того, створюємо об'єкт «Звітність», який буде містити ПЗ для обробки інформації, яка призначена для формування звіту про роботу системи

Для каналів, через які будуть вводиться сигнали 0-10В вибираємо діапазон плюс/мінус 10В.

Якщо через канали будуть вводиться сигнали 4-20мА чи 0-5мА, то для них виставляємо діапазон плюс/мінус 20мА.

Для перетворення токового сигналу датчика в напругу використовуємо резистор 125Ом, включений паралельно.

4.3 Розробка схеми даних

На рисунку 4.3 наведена розроблена схема даних проєктованої системи автоматизованого обліку борошна.

Ця схема показує:

- джерела даних;
- місця розміщення даних у пам'яті комп'ютера оператора системи;
- процедури та результати обробки даних.

Згідно до цієї схеми початкові дані надходять до програми через послідовний порт COM1 з модулів введення сигналів, які взаємодіють з відповідними тензодатчиками автомобільних ваг та силосу. Ці дані являють собою певні пакети, що вимагає їх попередньої обробки: перетворення у масиви, визначення дійсних значень вимірюваних величин по їх вхідним кодам тощо.

Окремі дані передбачені для архівації (кількість борошна в кожному силосі). Виконується встановлена часова вибірка цих даних та їх зберігання у локальних архівах.

При необхідності оператор через клавіатуру може сформулювати запит на огляд цього архіву у вигляді звіту на моніторі, або на виведення цього звіту на друк.

Основне призначення системи – контроль технологічних процесів закачування та викачування борошна та регулювання технологічного процесу. Тому для основних параметрів через клавіатуру встановлюються границі їх контролю (мінімальна та максимальна).

Над отриманими даними виконується процедура перевірки на 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 динаміки певних звукових файлів.

Оператор через клавіатуру може викликати журнал аварій для огляду на моніторі, а також вносити корективи до роботи програмного забезпечення (встановлювати нові границі контролю, корегувати стратегію регулювання через модифікацію її функціональних блоків).

Система може виконувати і інші функції – розрахунки додаткових величин, статистичну обробку даних, підтримку зв'язку з системою керування верхнього рівня управління.

Після виконання основних задач регулювання технологічних параметрів зберігання та переміщення борошна виконується процедура виведення сигналів управління через канали дискретного виведення контролера.

Далі виконується новий запит даних з модулів аналогового введення системи і процес їх обробки повторюється.

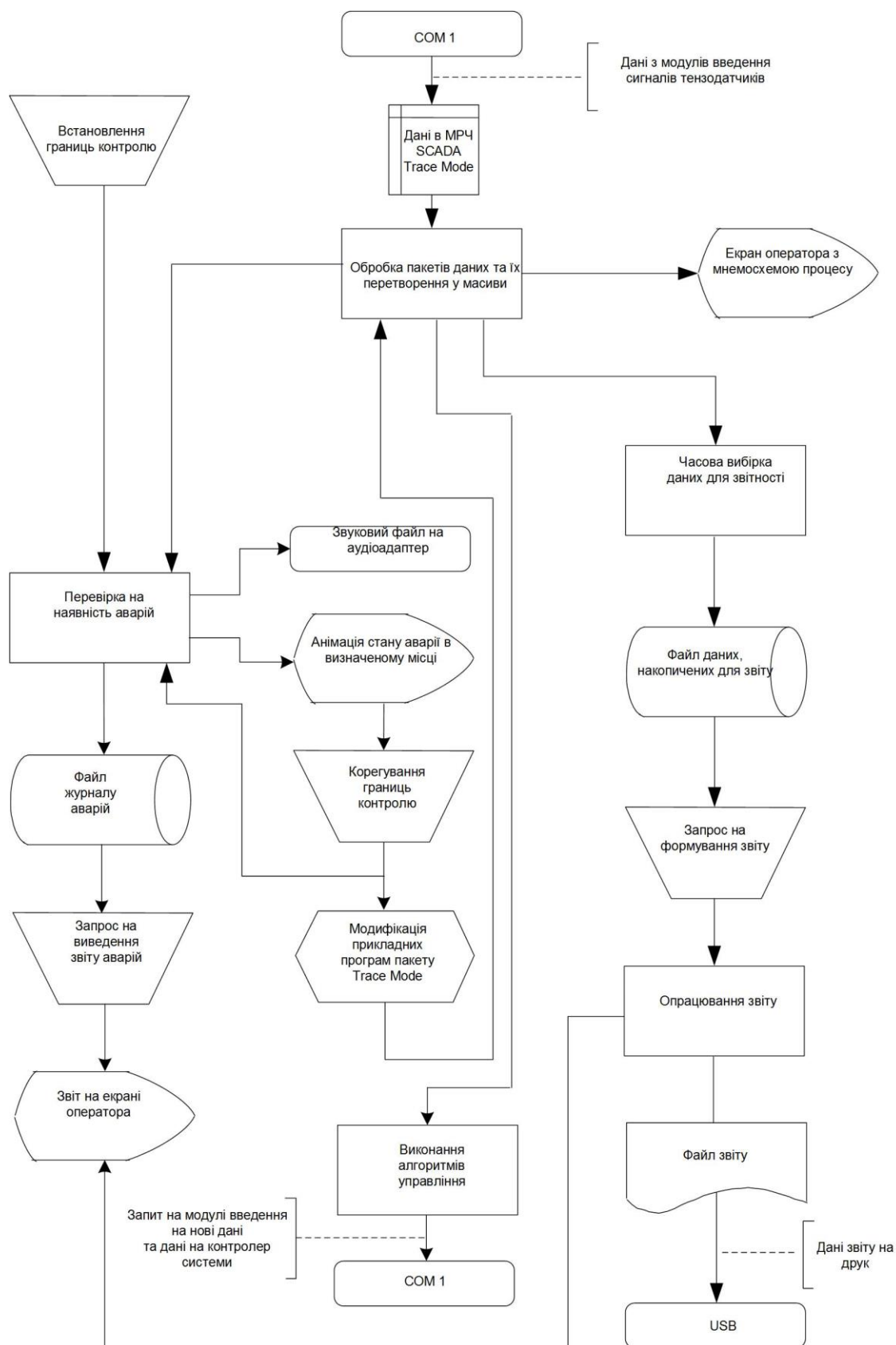


Рисунок 4.3 – Схема даних програмного забезпечення АРМ оператора

4.4 Розробка окремих програмних модулів

Опишемо процес створення процедур трансляції. Для прикладу візьмемо процедуру трансляції TR_M. Визначимо коефіцієнти перерахунку вихідного коду АЦП в значення маси m [кг]:

$$K_{TR_M} = \frac{7 * 0.01}{2^{15}} = 0,00021$$

Тоді програма TR_M повинна виконувати такий перерахунок:

$$m = K_{TR_M} \oplus n^* * 0.01. \quad (4.1)$$

Програма, що буде виконувати такий перерахунок буде мати вигляд показаний на рисунку 4.4.

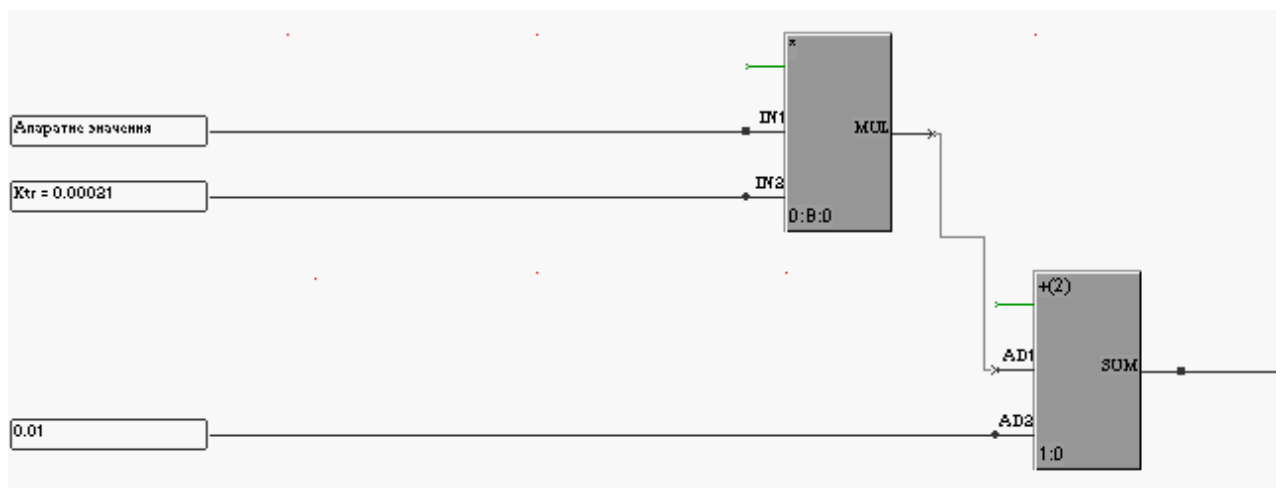


Рисунок 4.4 – Програма трансляції TR_M.

Аналогічно розробляються програми трансляції інших величин.

4.5 Розробка графічного інтерфейсу оператора

Розробка графічного інтерфейсу здійснюється в редакторі представлення даних WinCC, до нього завантажується проєкт створений в редакторі бази каналів.

Після завантаження проєкту створюю екран представлення даних нехай він буде входити до групи МНЕМОСХЕМИ, група створюється для перспективи розширення проєкту, після того як буде створено декілька вікон оператор зможе переключатись між ними для зручного керування об'єктом (рисунок 4.5).

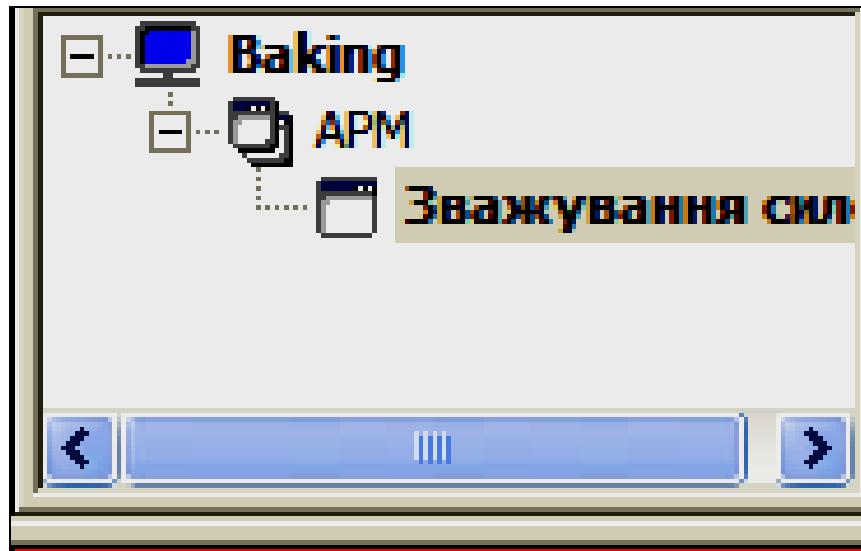


Рисунок 4.5 – Створення екрану в редакторі представлення даних

Далі необхідно налаштувати вигляд оформлення екранів, це робиться через бланк Екрани входу в меню Атрибути де вибираю текстуру обоїв та зберігаю налаштування. Створення графічних елементів представлення починаю з об'ємних елементів, які знаходяться в палітрі елементів малювання. Спочатку створюю об'єкт кагат у вигляді об'ємної трапеції, через налаштування її атрибутів вибираю колір розташування та розміщую її на екрані. Екран оператора наведений на рисунку 4.6.

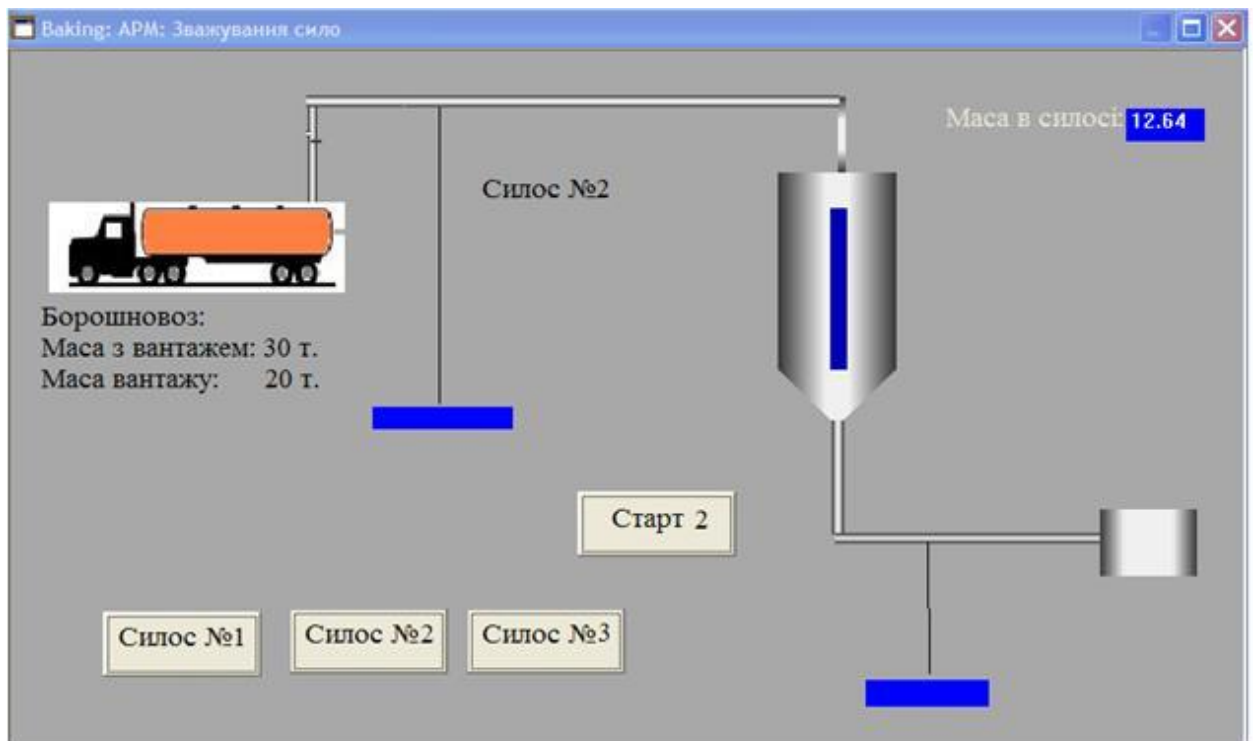


Рисунок 4.6 – Основний екран ЛМІ оператора САО борошна

4.6 Розробка програмного забезпечення формування звітності

Для формування програмного забезпечення створимо об'єкт «Zvit». В ньому сконцентровані канали для яких необхідно формувати звіт. Збереження даних у реєстраторі забезпечує монітор глобального реєстратора (ГР). Реєстратор призначений для збереження в бінарному виді інформації про зміни значень каналів. У ньому фіксуються зміни реального значення й всіх атрибутів, що не обчислюють: період, границі, маски й настроювання первинної обробки, а також прапори вірогідності, стани й підключення. Точність фіксації часу становить 0.001 секунди.

ГР має фіксований груповий номер – 200. Він приймає дані, що посилають по мережі на цей номер, і зберігає їх. Тому в рамках проекту може існувати тільки один реєстратор. Однак він може бути дубльованим. У цьому випадку обоє ГР одночасно приймають дані, що посилають для збереження. Кожний з них веде свій файл архіву, але ці файли ідентичні. ГР приймає по мережі дані, послані на збереження в його архіві. Для цього в його базі каналів створюються спеціальні канали. У базі каналів ГР створюються об'єкти, що мають імена вузлів, що зберігають дані в реєстратор. У цих об'єктах створюються канали для прийому даних. Їхні імена збігаються з іменами каналів у відповідних вузлах. Для них установлюється прапор збереження в СПАД. Таким чином в об'єкті «Zvit» сформовано базу каналів, які необхідні для архівування. Журнал тривоги/звітів створюється наступним чином.: в вузлі АРМ для кожного з визначених для архівації каналів в вікні „Реквізити”, вкладці „Основні” відмітити в області „Архівація” пункти „СПАД” та „Звіт тривоги”. В вкладці „Повідомлення в звіт тривоги” визначаємо категорію повідомлення, його текст/список текстів (проводиться для кожного каналу окремо).

Далі переходимо до вікна „Параметри вузла АРМ” в вкладку „Архівація” (рисунок 4.7).

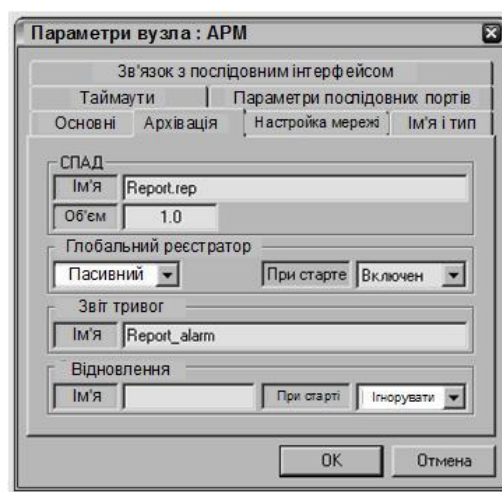


Рисунок 4.7 – Вікно параметрів вузла АРМ, вкладка „Архівація”

В області СПАД задаємо ім'я файлу запису даних звітності (в нашому випадку Report.rep) та цього розмір в мегабайтах. В області „Звіт тривоги” також вводимо назву файлу для зберігання даних звіту (в нашому випадку – Report_alarm).

Висновки

В результаті виконання даної бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту була розроблена на основі рекомендацій діючих стандартів концепція функціональної структури нової інтегрованої системи автоматизації виробництва на великому хлібобулочному підприємстві, в складі якої детально спроектована система автоматизованого обліку борошна. Ця система у порівнянні з існуючими аналогічними системами дозволяє забезпечити точний і об'єктивний облік переміщення та зберігання борошна, вимагаючи при цьому менших витрат коштів та часу на її реалізацію на конкретному підприємстві.

Проектування системи автоматизації виконувалось за допомогою інструментальної системи SCADA «WinCC», що у значній мірі і забезпечило зменшення витрат часу та коштів на процес розробки. 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. Автоматизація виробничих процесів : підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед ; Нац. ун-т харч. технол. — 2-ге вид., випр. — К. : Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. — К. : «Ліра-К», 2011. — 552 с.
3. Пупена О.М., Клименко О.М., Міркевич Р.М. Принципи функціонування систем керування основним виробництвом через призму стандарту ІЕС-62264: Електронний навчальний посібник [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://tk185.appau.org.ua/62264/case-study-iec-62264/momguide/>.
4. Пупена О.М., Міркевич Р.М. Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): Конспект лекцій. — К.: НУХТ, 2016. -135 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу:
5. Пупена О., Клименко О., Шишак А., Міркевич Р. Інтегрування систем керування підприємством та виробництвом. Сучасний стан та стандарти. — К.: АППАУ, 2019. — 52 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: www.tk185.appau.org.ua.
6. Залузняк Д.Б., Папінов В.М. Система автоматизації для промислового хлібобулочного виробництва / Матеріали LIV щорічної НТК викладачів та студентів ВНТУ (Вінниця, ВНТУ, березень 2025 р.) [Електронний ресурс]. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2025/paper/view/24243/20011>.
7. Інструкція до сировини. Борошно [Електронний ресурс]. URL : <http://baker-group.net/useful-instructions-301/342-instructions-for-raw-material-s-flour.html>.
8. Вимірювання властивостей сировини [Електронний ресурс]. URL : <http://baker-group.net/useful-instructions-301/619-measuring-the-properties-of-raw-materials.html>.
9. Виробництво хлібобулочних виробів ПАТ «Херсонський хлібокомбінат» [Електронний ресурс]. URL : www.hleb.kherson.ua/produktsija/hlibobulochni-virob.
10. Технологічна схема виготовлення хлібобулочних виробів [Електронний ресурс]. URL : <http://baker-group.net/bread-and-bakery-products/968-technological-scheme-of-production-of-bakery-products.html>.
11. Виконання контрольних вимірювань технологічного процесу [Електронний ресурс]. URL : <http://baker-group.net/useful-instructions-301/617-implementation-of-control-measurements.html>.
12. Вбудована система керування технологічним процесом [Електронний ресурс]. URL : <http://baker-group.net/useful-instructions-301/779->

integrated-process-control-system.html.

13. Риженко О., Свірид Є. Об'єктно-структурована АСУТП борошномельного заводу // Сучасні технології автоматизації. –2010. – №3. – С. 46-52.

14. Одинський О.Д. Модернізація технологічних процесів на макаронній фабриці: проблеми автоматизації невеликого об'єкту // ПІКАД. –2018. – №3. – С. – 24-26.

15. Риженко О.С. Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) на борошномельному заводі // Зберігання та перероблення зерна. – 2011. - №3. – С.46-49.

16. Адаменко І., Форменко Є. Облік сировини та готової продукції // Сучасні технології автоматизації. –2013. – №4. – С. 6-10.

17. Гарбузенко А. Хлібна система // Світ автоматизації. – 2007. - №5. – С. 66-67.

18. Австрійські пекарі покладаються на інноваційну, швидку і ефективну технологію ПЛК // Сучасні технології автоматизації. –2014. – №1. – С. 56-58.

19. Красних Б., Гільфанов І. Облік борошна і готової продукції на булочно-кондитерському комбінаті // Сучасні технології автоматизації. – 2010. – №3. – С. 54-59.

20. Пупена О., Ельперін І., Міркевич Р. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - Т.8. - №3. – 2016.

21. ISA-88/95/106 в Україні [Електронний ресурс] / URL : <https://sites.google.com/site/isa88inua/home>.

22. 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.

23. MESA Model: A Framework for Smarter Manufacturing [Електронний ресурс] / URL : <https://mesa.org/topics-resources/mesa-model/>.

24. Shraddha Kakade. Manufacturing execution system (MES) [Електронний ресурс] / URL : <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/manufacturing-execution-system-MES>.

25. 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>.

26. Петриченко С.В., Олексієнко В.О., Паляничка Н.О. Загальні відомості про обладнання підприємств з виробництва хлібобулочних виробів [Електронний навчальний посібник] / URL : https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_8/index.html.

27. Лисогор В.Г., Папінов В.М., Скидан Ю.А Засоби автоматизації комп'ютерних систем управління технологічними процесами. - Вінниця : ВНТУ, 2006. - 146 с.

28. Офіційний сайт компанії "СВ АЛЬТЕРА" в Україні [Електронний ресурс]/ URL: www.svaltera.ua.

29. Призначення, структура і основні функції SCADA - систем [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.votum.if.ua/uk/publications/scada.htm>.

30. Системи візуалізації. SCADA-системи [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.svaltera.zp.ua/?inc=prod/scada/>.

31. SCADA система TRACE MODE [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.tracemode.ua/products/dev/scada>.

32. Все необхідне для автоматизації на базі PC: Каталог продукції фірми ADVANTECH. - Prosoft, 2017. - 490 с.

33. SCADA-система CITECT як інструмент інтеграції технологічних даних [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.atlas.kiev.ua/rus/scada.html>.

Додатки

Додаток А
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АІТ
д.т.н., професор Олег БІСІКАЛО

“ 23 ” березня 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на бакалаврську кваліфікаційну роботу (у формі проєкту)
«Система автоматизації для промислового хлібобулочного виробництва»
08-31.БКР.007.02.000 ТЗ

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи:
проф. каф. АІТ Володимир ПАПІНОВ

“ 23 ” травня 2025 р.

Розробив студент гр. АКІТР-23мс
Дмитро ЗАЛУЗНЯК

“ 23 ” травня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

1 Назва і галузь застосування

Система автоматизованого обліку (САО) борошна на хлібобулочному підприємстві.

САО застосовується як підсистема управління технологічними процесами безтарного зберігання борошна на хлібобулочному підприємстві (ХБП).

2 Підстава для розробки та назва організації, що проєктує

Розробку САО проводити на підставі наказу по ВНТУ № 97 від 20.03.2025 р. та індивідуального завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу у формі проєкту, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ.

3 Мета та призначення розробки

Метою дипломного проєкту є розробка сучасної комп'ютеризованої системи автоматизованого обліку борошна на великому ХБП, яка б виконувала усі типові функції аналогічних систем, але була б більш дешевою у порівнянні з ними.

САО призначена для роботи у складі системи автоматизованого управління хлібобулочним підприємством (ХБП).

4 Джерела розробки

1. Технологічна схема виготовлення хлібобулочних виробів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://baker-group.net/bread-and-bakery-products/968-technological-scheme-of-production-of-bakery-products.html>.

2. Адаменко І., Форменко Є. Облік сировини та готової продукції // Сучасні технології автоматизації. – 2013. – №4. – С. 6-10.

3. Красних Б., Гільфанов І. Облік борошна і готової продукції на булочно-кондитерському комбінаті // Сучасні технології автоматизації. – 2010. – №3. – С. 54-59.

5 Показники призначення

5.1 Опис технологічного процесу

При привезенні нової партії борошна машину зважують до і після розвантаження, визначаючи таким чином масу нетто, тобто скільки сировини привезли. До машини підключають рукав шланга, в який після ввімкнення компресора борошно повітряним транспортом поступає по трубах в силос. Силос може вміщати до 30 тонн борошна низької якості і до 35 тонн борошна високої якості. Після отримання команди на ввімкнення вихідного компресора починається відкачка борошна аналогічно закачки. Це борошно поступає на просіювач, потім в цех випічки, де виготовляється готова продукція. Технологічний процес зображений на рисунку 1.1.

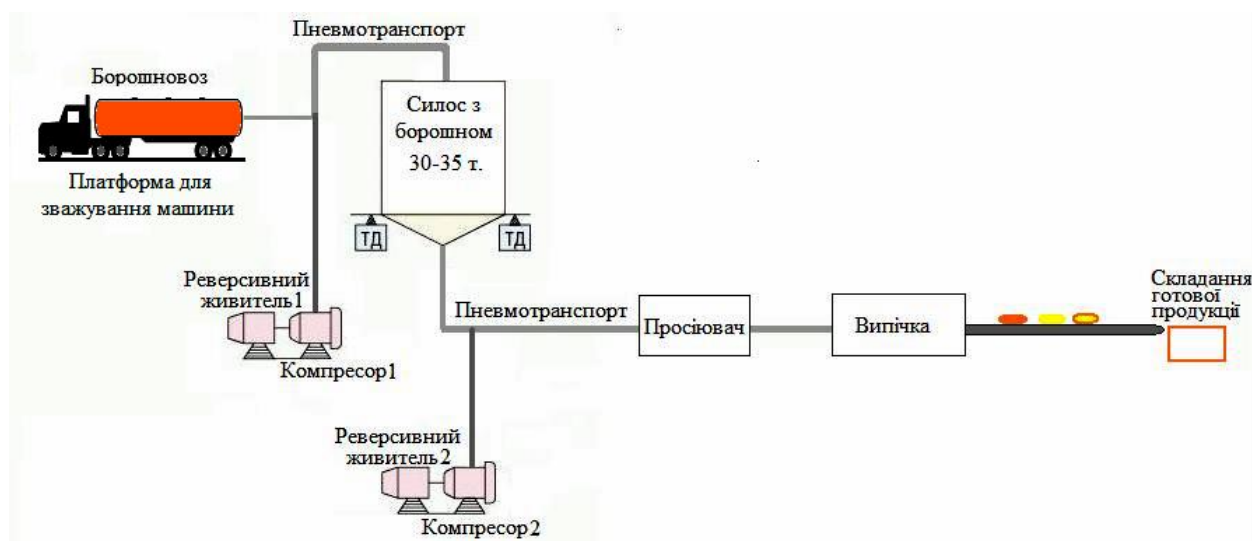


Рисунок 1.1 – Технологічний процес на хлібокомбінаті

5.2 Умови експлуатації проєктованої системи

Вимоги до стійкості устаткування обґрунтовуються в першу чергу тим, що це обладнання для харчової промисловості.

Враховуючи, що майже все обладнання розміщене в цехах, умови для системи будуть наступні:

Температура навколишнього середовища від 0°C до плюс 30°C

- відносна волога від 40 до 100 %;
- ударні навантаження: немає;
- вібрація:
 - частотою від 10 до 30 Гц;
 - віброприскорення: до $19,6\text{ м/с}^2$;
 - лінійне прискорення: відсутнє.
- додаткові умови : можлива присутність пилу(частки борошна);

Інша частина устаткування знаходиться в приміщенні операторської, де параметри мікроклімату контролюються краще, тому обладнання має відповідати наступним умовам :

- Температура навколишнього середовища від плюс 10 °С до плюс 30 °С
- Відносна вологість повітря від 60 до 80 %
- Ударні навантаження: немає
- Вібрація:
 - частотою від 10 до 30 Гц;
 - віброприскорення: до 19,6 м/с²;
 - лінійне прискорення: відсутнє.

5.3 Вихідні параметри регулювання

У самому технологічному процесі контролюється маса m борошна, яке засипається або забирається з силоса. При відомій масі борошна в силосі на даний момент контролюється, щоб не було переповнення силоса, а також щоб не було спроб забрати борошно з майже пустого силоса.

5.4 Параметри об'єкту, що підлягають контролю або вимірюванню

В об'єкті управління контролюються такі параметри, як маса борошна m на всіх етапах. Вимірюється маса автомобіля і маса силоса під час кожної дії в м'якому реальному часі. Маса борошна в силосі повинна знаходитись в певному діапазоні. Під час кожної викачки або закачки борошна в силос вимірюється час відповідної операції, а такою фіксується час початку і кінця. Також фіксується наявність руху борошна в трубах до силоса і від силоса.

5.5 Дії оператора у разі виникнення аварійних ситуацій

У разі аварії, чи перед аварійної ситуації коли відбувається зашкалювання параметрів хоча б одного із контрольованих параметрів, система видає звукові сигнали через динаміки ЕОМ, та світлові аварійні сигнали на дисплей ЕОМ.

Крім того абсолютно всі аварійні ситуації, записуються в базу даних постійного аварійного архіву на жорсткий диск ЕОМ. Окрім аварійних ситуацій, до архіву аварій записуються ситуації виходу параметрів із стандартних меж.

Всі записані архіви можливо в подальшому переглянути і зробити висновки про роботу системи.

5. 6. Основні екрани графічного інтерфейсу

Інтерфейс системи контролю за технологічним процесом складається з однієї великої екранної форми де нарисована загальна схема обладнання з усіма елементами, значення яких вимірюється. На кожному схематично-зображеному, контрольованому елементі системи виводиться інформація про значення параметра, що контролюється та його розмірність. Крім того нарисовані індикатори, колір якого свідчить про стан об'єкту. Нарисовані також інші елементи, що впливають на звітність і контроль.

5.7 Вимоги до форм звітності

Система повинна автоматично формувати звіт про роботу силоса на протязі робочої зміни з 8.00 до 19.00.

До звіту вносяться такі дані:

- маса борошна на початок та кінець робочої зміни
- історія(час початку і кінця, маса, сорт борошна) кожного завантаження в силос та його використання
- всі ситуації, відмічені як аварійні та покази всіх приладів цей період

Звіт виводиться на екран за вимогою оператора

6 Стадії розробки

6.1. Розділ «Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту» та розробка концепції функціональної структури ІСУ підприємства мають бути виконані до 26.04.25 р.

6.2. Розробка електричної структурної схеми САО має бути виконана до 10.05.25 р.

6.3. Розробка функціональної схеми автоматизації САО має бути виконана до 24.05.25 р.

6.4. Проєктування програмного забезпечення САО повинно бути виконано до 31.05.25 р.

7 Порядок контролю та приймання

7.1 Рубіжний контроль – 03-07.06.25 р.

7.2 Попередній захист – 10-15.06.25 р.

7.3 Захист БКР – в період з 16.06.25 по 23.06.25 р. за графіком, встановленим кафедрою АІТ.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО
ХЛІБОБУЛОЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

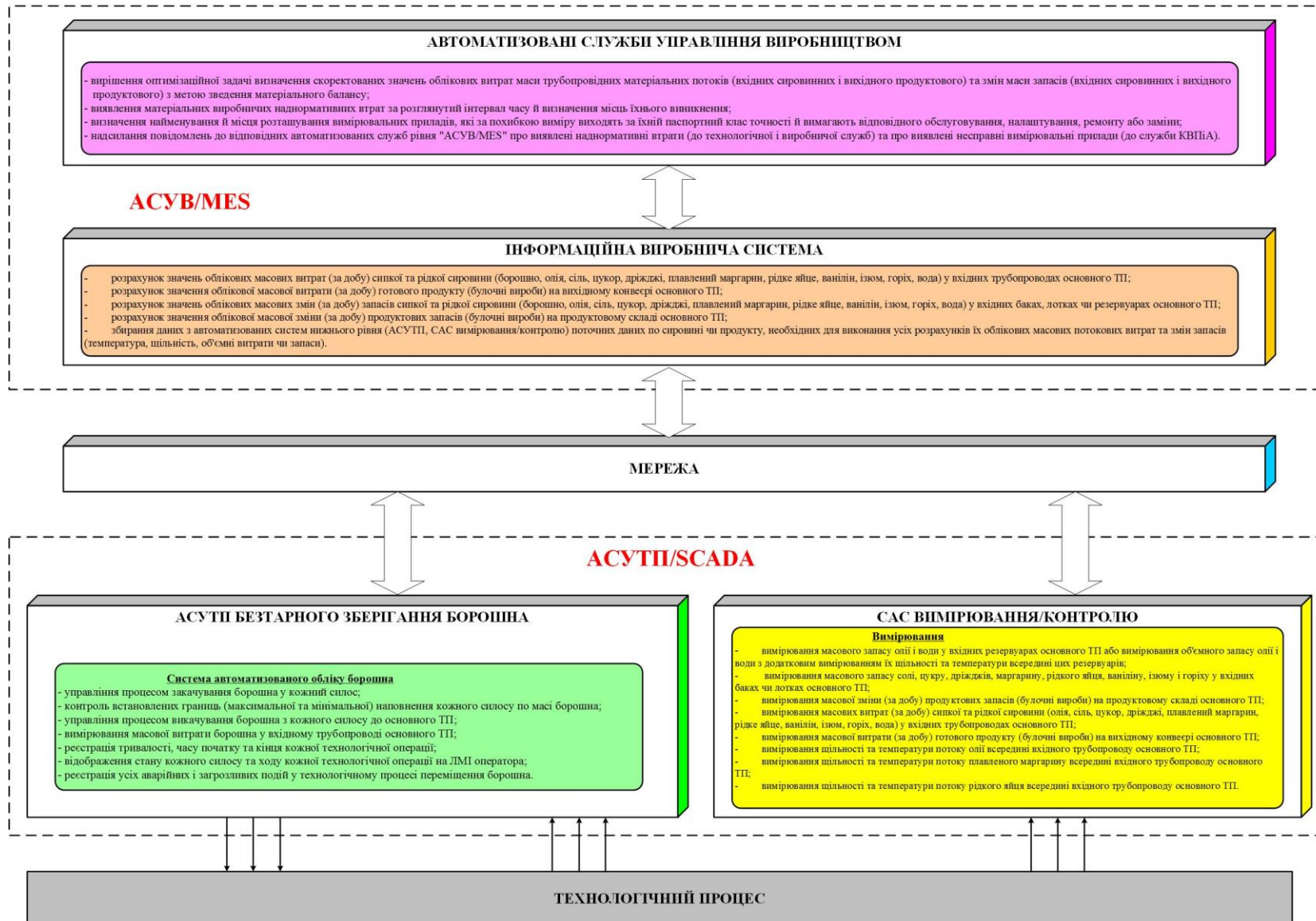
Розробив:
_____ Дмитро ЗАЛУЗНЯК
“ ” _____ 2025 р.

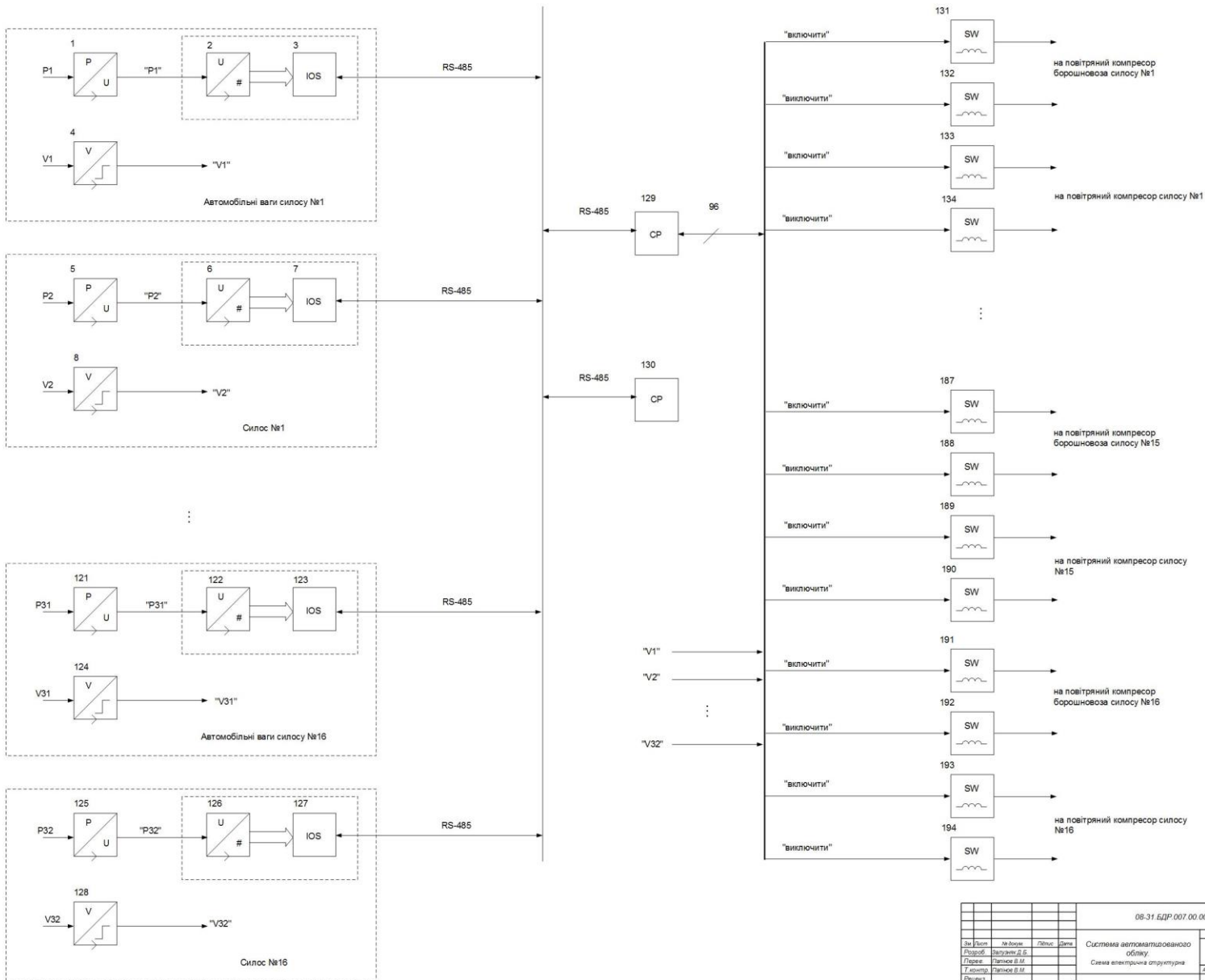
Перевірив:
_____ Володимир ПАПІНОВ
“ ” _____ 2025 р.

Рецензент: _____

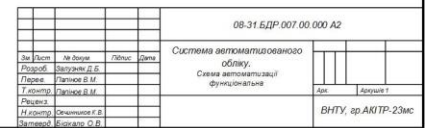
“ ” _____ 2025 р.

КОНЦЕПЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ





08-31 БДР.007.00.000 Е1									
№ докум.	На докум.	Підпис	Дата	Система автоматизованого обліку					
Розроб.	Виконав	Д. Б.		Схема електричної структури					
Листів	Листів	В. В.		Арх.					
Т. арх.	Листів	В. В.		ВНТУ, АКИП-23мс					
Робочий	Листів	В. В.							
М. арх.	Листів	В. В.							
М. арх.	Листів	В. В.							



ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Система автоматизації для промислового хлібобулочного виробництва

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота (у формі проєкту)
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ФІІТА ВНТУ
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 33,25 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

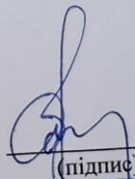
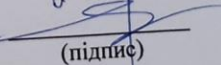
☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

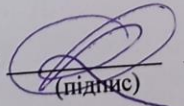
☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

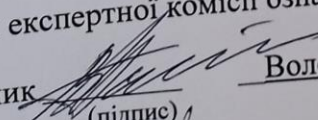
Олег БІСІКАЛО, зав. кафедри АПТ
(прізвище, ініціали, посада)

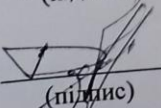
Любов ЯНЧУК, секретар кафедри АПТ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

(підпис)

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

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис) Володимир ПАПІНОВ, проф. кафедри АПТ
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 
(підпис) Дмитро ЗАЛУЗНЯК
(прізвище, ініціали)