

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

**«ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУЮЧОГО
ПРОЦЕСУ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА»**

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

Юрій КРАВЕЦЬ
« 13 » 06 2025 р.

Керівник: к.т.н., проф. кафедри АІТ
Володимир ПАПІНОВ
« 16 » 06 2025 р.

Рецензент: доцент кафедри КН к.т.н.
Валерій ПЕНІСЮК
« 16 » 06 2025 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри АІТ
Олег БІСІКАЛО

« 14 » 06 20 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький 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

Кравець Юрію Олександровичу

1. Тема роботи «Інтегрована система автоматизації обслуговуючого процесу цукрового 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.

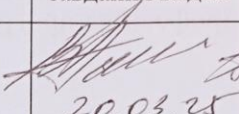
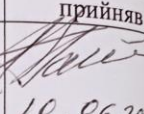
3. Вихідні дані до роботи Обслуговуючий процес зберігання буряка у великих обсягах здійснюється на крупних сільськогосподарських переробних підприємствах у спеціальних сховищах під відкритим небом. У цих сховищах буряк після збирання закладається у кагати . Розміри окремих кагатів такі: висота – 5 м і більше, ширина – не менше 18 м, довжина – від 60 м до 100 м. Верх кагату повинен утворювати коник за такою нормою – 5-8 см на 1 м ширини кагату. Кут нахилу бічної сторони кагату складає приблизно 40°. Між поздовжніми сторонами кагатів залишається проїзд шириною до 10 м, а між торцевими – до 6 м. Типова схема автоматизації процесу зберігання буряка у окремому кагаті реалізує, так називаний, температурно-вологісний спосіб зберігання буряка. Проектування інтегрованої системи управління виробничим процесом усього сховища буряка доцільно виконувати на основі рекомендацій діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого промислового виробництва.

4. Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проекту. 2) Проектування технічної частини системи. 3) Проектування програмної частини системи

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

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

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Папінов В.М., професор кафедри АІТ	 20.03.25	 10.06.25

7. Дата видачі завдання 20.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

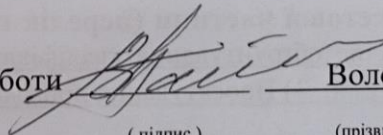
№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи (у формі проєкту)	Термін виконання		Прим.
		початок	закінчення	
1	Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту	03.10.2024	09.10.2024	
2	Розробка концепції функціональної структури інтегрованої системи автоматизації	12.03.2025	29.03.2025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

Студент


(підпис)

Юрій КРАВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир ПАП
(прізвище та ініціали)

Анотація

Бакалаврська кваліфікаційна робота у формі проекту складається з 75 сторінок формату А4, на яких є 19 рисунків, 2 таблиць, список використаних джерел містить 29 найменувань.

Метою роботи є пошук концептуального рішення інтегрованої системи автоматизації (ІСА) обслуговуючого процесу промислового зберігання буряка, побудованої на основі комплексної системи автоматизації його основного технічного процесу.

У загальній частині роботи проведений аналіз існуючих аналогічних систем автоматизації, обґрунтована концепція більш досконалої інтегрованої системи автоматизації промислового зберігання буряка та розроблено технічне завдання на проектування автоматизованої системи управління технічним процесом (АСУТП). В розрахунково-конструкторській частині роботи спроектована технічна частина АСУТП (схема функціональної структури, електрична структурна схема, функціональна схема автоматизації) та програмне забезпечення робочої станції оператора АСУТП (схема даних, загальна архітектура, окремі програмні модулі, графічний ЛМІ).

Ключові слова: інтегрована система автоматизації, автоматизована система управління технічним процесом, зберігання буряка

Abstract

Bachelor's qualification work in the form of a project consists of 75 pages of A4 format, which contain 19 figures, 2 tables, the list of used sources contains 29 items.

The aim of the work is to find a conceptual solution for an integrated automation system (ISA) serving the process of industrial beet storage, built on the basis of a comprehensive automation system for its main technical process.

In the general part of the work, an analysis of existing similar automation systems was carried out, the concept of a more advanced integrated automation system for industrial beet storage was substantiated, and a technical task was developed for the design of an automated process control system (APCS). In the design and calculation part of the work, the technical part of the APCS (functional structure diagram, electrical structural diagram, functional automation diagram) and the software of the APCS operator's workstation (data diagram, general architecture, individual program modules, graphical LMI) were designed.

Keywords: integrated automation system, automated process control system, beet storage

Зміст

Вступ.....	3
1 Техніко – економічне обґрунтування кваліфікаційного проекту.....	5
1.1 Аналіз технічного процесу, що підлягає автоматизації.....	5
1.2 Аналіз існуючих аналогічних АСУ технічним процесом	6
1.3 Вимоги діючих стандартів до проектування ІСА виробництва	11
1.4 Обґрунтування концепції побудови нової ІСА.....	15
2 Проектування технічної частини системи.....	23
2.1 Деталізація функціональної структури системи	23
2.2 Електрична структурна схема системи	26
2.3 Функціональна схема автоматизації системи	33
3 Проектування програмної частини системи.....	37
3.1 Вибір інструментальної системи проектування	37
3.2 Схема даних програмного забезпечення ПК оператора	39
3.3 Архітектура програмного забезпечення ПК оператора	41
3.4 Проектування окремих програмних модулів	46
3.5 Проектування графічного ЛМІ оператора	53
3.6 Програмне забезпечення для формування звітності	55
3.7 Розробка ПЗ Web-сайту системи управління	56
Висновки	58
Література	59
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу (у формі проекту)	62
Додаток Б (обов'язковий) Графічна частина.....	68
Концепція функціональної структури інтегрованої системи автоматизації. Плакат демонстраційний	69
Автоматизована система управління технічним процесом. Схема електрична структурна	70
Автоматизована система управління технічним процесом. Схема автоматизації функціональна	71
Додаток В (довідковий) – Графічний лістинг програми „СНЕСК_2"	72
Додаток Г (довідковий) – Графічний ЛМІ оператора. Основний екран ...	73
Додаток Д (довідковий) – HTML код сторінки графічного ЛМІ оператора	74
Додаток Ж (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи .	75

					08-31.БДР.010.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кравець Ю.О.			Інтегрована система автоматизації промислового зберігання буряка. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Папінов В.М.						
Реценз.						ВНТУ, гр. АКІТР-23мс		
Н. контр.		Овчинников К.В.						
Затверд.		Бісікало О.В.						

Вступ

Актуальність. Перехід від автономних розподілених систем управління (РСУ) до інтегрованих систем управління (ІСА) промисловим або сільськогосподарським виробництвом у цілому в масштабах підприємства, холдингу або об'єднання на протязі останніх 30 років став стійкою тенденцією в області промислової автоматизації. Передумовою цього процесу став поточний рівень розвитку усіх апаратно-програмних засобів автоматизації, який досягнутий на основі принципів міжнародної стандартизації та уніфікації [1].

Економічною причиною інтеграції є прагнення керівників підприємств шукати реальні додаткові джерела підвищення економічної ефективності виробничої діяльності підприємства. На кожному підприємстві такі джерела є, треба тільки вміти їх знайти, а для цього необхідно забезпечити збір, обробку і аналіз інформації оперативних даних з усіх технологічних і виробничих ділянок. Саме оперативної, а не в кінці зміни, робочого дня або місяця. Для того, щоб керувати собівартістю продукції треба поряд з інформацією про вартість сировини і робочої сили знати скільки сировини, електроенергії, пари, води і палива пішло на виготовлення кінцевої продукції.

Будь-яке промислове або сільськогосподарське виробництво створюється на конкретному технологічному або технічному процесі, завдяки чому він вважається основним. Саме тому створення ІСА даним виробництвом у першу чергу вимагає впровадження комплексної автоматизації його основного технологічного/технічного процесу [2]. Така комплексна автоматизація дозволяє значно зменшити вплив людського фактору на якісні показники як управління основним технологічним процесом, так і всім виробничим процесом, побудованим на його основі. В результаті система автоматизації основного технологічного процесу стає надійним фундаментом для подальшої побудови інтегрованої системи управління всім виробництвом, яка об'єднує усі взаємопов'язані процеси виробництва, керуючи ними як єдиним цілим для досягнення поставлених перед виробництвом кількісних та якісних завдань.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту є пошук концептуального рішення інтегрованої системи автоматизації обслуговуючого процесу цукрового виробництва, а саме, промислового зберігання буряка, побудованої на основі комплексної системи автоматизації його основного технічного процесу.

Нова інтегрована система автоматизації призначається для роботи у складі інтегрованої системи автоматизованого управління великим сільськогосподарським переробним підприємством.

Об'єктом розробки є процес управління виробничою діяльністю по промислому зберіганню буряка на великому сільськогосподарському переробному підприємстві.

Предметом розробки є автоматизація процесу управління виробничою діяльністю великого сільськогосподарського переробного підприємства шляхом застосування інтегрованої системи управління.

Для досягнення мети розробки мають бути вирішені такі задачі:

1. Техніко – економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту.
2. Розробка концепції інтегрованої системи автоматизації.
3. Розробка технічного завдання на кваліфікаційне проєктування.
4. Розробка електричної структурної схеми системи.
5. Розробка функціональної схеми автоматизації системи.
6. Проєктування програмного забезпечення системи

Інноваційна новизна отриманих результатів полягає в тім, що на відміну від існуючих, нова інтегрована система автоматизації спроектована з урахуванням рекомендацій діючих міжнародних стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва, що дозволило суттєво зменшити її загальну вартість за рахунок раціонального проєктного рішення системи як на рівні управління виробництвом, так і на рівні управління основним технічним процесом.

Практична цінність отриманих результатів проєктування полягає в тім, що завдяки раціональності проєктних рішень системи, її легко реалізувати на підприємстві навіть власними силами фахівців ІТ та КВПіА відділків.

Апробація результатів проєктування: концептуальні результати виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту опубліковані в матеріалах LIV науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2025) [3].

Розробка інтегрованої системи автоматизації виконувалась на основі індивідуального завдання, виданого кафедрою АІТ, та складеного технічного завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу у формі проєкту (додаток А).

1 Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту

1.1 Аналіз технологічного процесу, що підлягає автоматизації

Традиційним методом зберігання коренеплодів цукрового буряка до початку переробки на цукрових заводах є закладка їх у кагати [4]. Кагати розміщують на бурякоприймальних пунктах цукрових заводів і в польових умовах у сільськогосподарських підприємствах (в основному на середні строки зберігання). Це не найкращий спосіб, але в ґрунтово-кліматичних умовах України та Росії себе виправдує.

При такому зберіганні втрати відбуваються по неминучих причинах, пов'язаних з біохімічними реакціями подиху, і по залежних причинах, викликаних фітосанітарним станом коренеплодів і кліматичними умовами, що впливають на утворення й розвиток кагатних гнилизн. При укладанні кагатів забруднюючі компоненти розподіляються нерівномірно. У місці опадання із транспортера вся їхня маса концентрується в центрі, формуючи вертикальний стовп діаметром 1-2 м від основи до вершини кагату. При розрізуванні кагатів вогнища гниття завжди спостерігаються в центральній і рідко - у периферійній частині конуса [5].

В [5] наводяться результати дослідження кагатів методом реєстрації інфрачервоного випромінювання із застосуванням теплового телевізора. На фотографії теплового поля поперечного зрізу кагатів чітко видні зони розташування вогнищ розігріву й характер розподілу температури по всьому профілю й уздовж кагату. Доведено, що вогнище розігрівання розташоване в зоні центрального стовпа із суміші коренеплодів, рослинних залишків і землі. На фотографіях кагату вершини кожного конуса мають підвищену температуру, а кожна відрізняється інтенсивністю.

Зазвичай кагатне поле має тверде (ґрунтове або бетонне) покриття [6]. Кагати розташовуються уздовж пануючого напрямку вітру. Поверхня кагату в порівнянні з його об'ємом повинна бути трохи меншою, бо чим менше поверхня, тим менші втрати буряку.

Розміри кагатів для тривалого зберігання на цукровому заводі такі: висота 5 м і більше, ширина не менше 18 м. При середніх термінах зберігання висота кагату складає 3-4 м, а ширина основи - 12-16 м. Довжина кагатів визначається тільки площею, відведеною для складування буряка. У поперечному перерізі верх кагату повинен утворювати коник - 5-8 см на 1 м ширини кагату. Кут нахилу бічної сторони кагату складає приблизно 40°. Розрахункова об'ємна маса буряка в кагаті 0,65 т/м³ [6].

Між поздовжніми сторонами кагатів залишається проїзд шириною до 10 м, а між торцевими – до 6 м.

Для того, щоб забезпечити гарне зберігання складеного в кагати цукрового буряка, необхідно пригальмувати процеси розпаду та звести до мінімуму втрату бурякової маси. З цією метою широко застосовується

активне провітрювання та зволоження буряка, яке при шаруватості кагатів (наявність повітряного прошарку кругом коренеплодів) та сприятливих погодних умовах дає відчутний ефект [7-10]. Проте можливості такого впливу на процес зберігання цукрового буряка все ж таки обмежені. Тому головною умовою збереження коренеплодів у кагатах з мінімальними втратами традиційно залишаються два головних фактори [6]: закладка на зберігання здорових, не уражених у період вегетації гнилизною коренеплодів і мінімальне пошкодження поверхні коренеплоду при закладці на зберігання.

Протягом усього періоду зберігання буряка варто забезпечувати контроль температури в кагатах. Для контролю температур у кагаті й регулювання роботи систем вентиляції необхідна установка контрольних термометрів з розрахунку один термометр на 200-300 т буряка на відстані 10-15 м по довжині кагату. Якщо в кагатах підвищується температура, що свідчить про те, що в кагаті є вогнище загнивання коренеплодів, необхідно вжити заходів по його локалізації [6].

Рекомендуються такі технічні характеристики системи провітрювання та зволоження кагатів [6]:

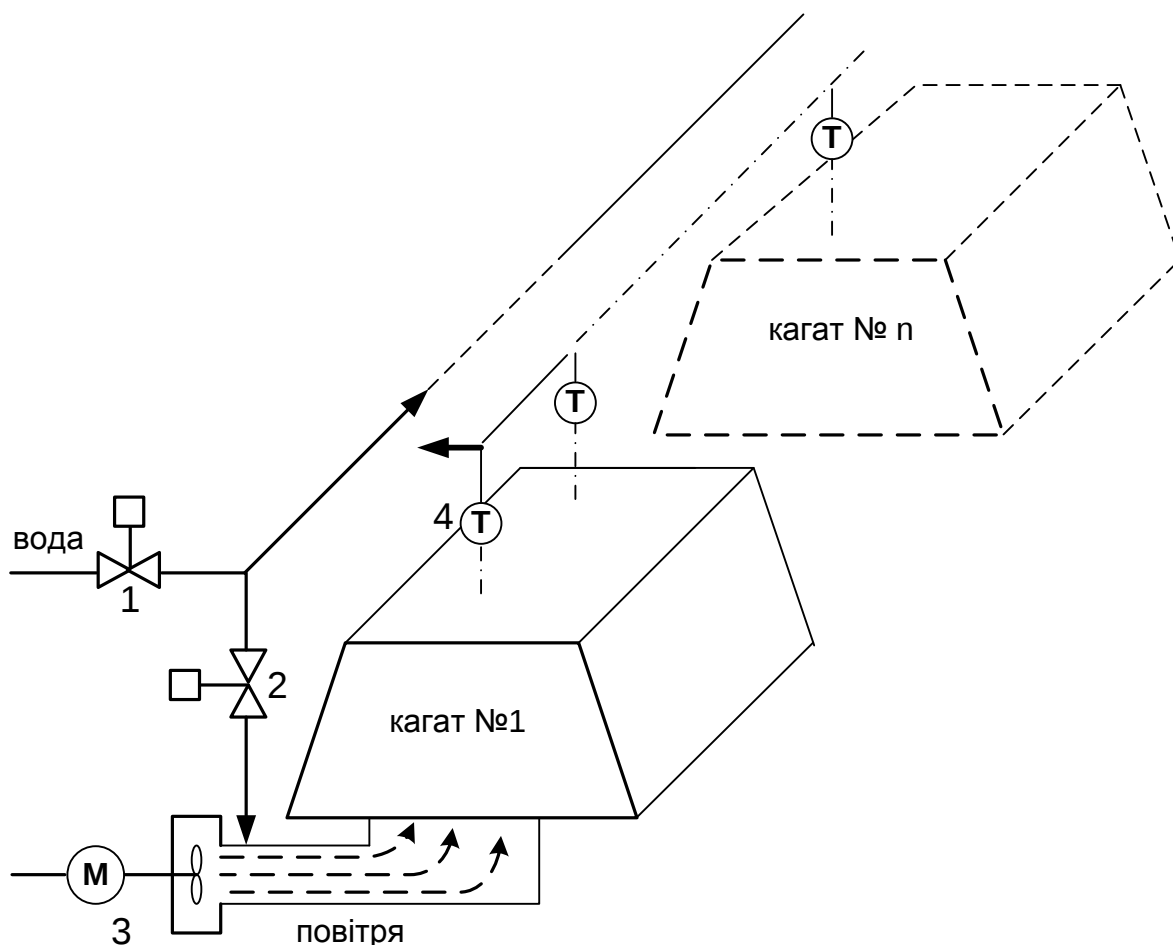
- інтенсивність провітрювання для північних та центральних районів не повинна бути меншою за 25 м³/ год. чистого повітря на одну тону цукрового буряка;
- інтенсивність провітрювання для південних районів не повинна бути меншою за 30 м³/ год. чистого повітря на одну тону цукрового буряка;
- різниця між температурою в кагаті та температурою зовнішнього повітря, при якій виконується провітрювання, повинна дорівнювати або бути більшою за 1-2 °С;
- відносна вологість зовнішнього повітря, при якій виконується його зволоження перед провітрюванням кагату, не повинна перевищувати 80%.

1.2 Аналіз існуючих АСУ технічним процесом

В наш час на вітчизняних цукрових заводах, в переважній більшості, встановлені автоматизовані системи управління процесом зберігання буряка, виготовлені ще в радянські часи. Найбільш поширеною є автоматизована система управління температурно-вологісним процесом зберігання цукрового буряка ПАК -201М [10]. Вона побудована по, так називаній, типовій функціональній схемі автоматизації, яка показана на рисунку 1.1.

Згідно до цієї схеми, загальний алгоритм управління процесом активного провітрювання та зволоження в цій системі передбачає вмикання вентиляторів при сприятливих умовах та вимикання їх при несприятливих умовах, а також зволоження при потребі повітря над кагатом. Усі дії управління здійснює оператор зі щита управління, керуючись результатами вимірювання температури в кагатах, а також температури та

вологості оточуючого повітря. Температура цукрового буряка вимірюється за допомогою системи датчиків температури 4 в декількох точках переважної більшості кагатів. Вологість та температура оточуючого повітря вимірюються відповідними переносними приладами.(вологоміром та термометром).



1 - вхідний регулювальний вентиль подачі води; 2 - регулювальний вентиль подачі води кагату №1; 3 – електродвигун вентилятора кагату №1; 4 – датчики температури повітря всередині кагату

Рисунок 1.1 – Типова функціональна схема автоматизації технічного процесу зберігання буряка

Кількість точок вимірювання температури повітря всередині кагатів в комплексі може досягати 128, а швидкість обігу всіх контрольованих точок в робочому режимі сягає 64 секунд. Інформація від датчиків температури надходить на щит управління технологічним процесом, встановлений в приміщенні операторської. Такий контроль температури дозволяє оператору своєчасно виявити зони буряка, що потребує першочергової переробки, бо в

його зоні почалися процеси гниття. Крім того, враховуючи інформацію про температуру всередині кагатів і значення температури та вологості оточуючого повітря, оператор видає команди на вмикання/ вимикання двигуна вентилятора, що гонить свіже повітря до середини відповідного кагату. У разі необхідності зволоження повітря над кагатом оператор відкриває вхідний клапан 1 та клапан 2 відповідного кагату, що призводить до подачі води у спеціальний канал перед вентилятором, який розпилює її на відповідну зону над кагатом. При роботі системи в нормальному режимі передбачене спеціальне блокування електроприводу відповідного клапана 2 у разі, коли відповідний вентилятор 3 не працює.

При від'ємній температурі оточуючого повітря оператор системи відключає її і разом з цим зливає воду з системи трубопроводів для запобігання її перемерзання. Це виконується шляхом закривання клапана 1 та відкривання клапанів 2 кожного кагату при непрацюючому вентиляторі 3 (блокування електроприводів клапанів 2 відключене).

Для обслуговування сховища буряка при заводі потужністю 6 тисяч тон переробки цукрового буряка за добу встановлювався один такий автоматизований комплекс.

Недоліками даної автоматизованої системи є такі:

- засоби автоматизації, що використовуються в системі, фізично та морально застаріли; вони вже не випускаються промисловістю, а тому ремонт їх можливий тільки власними силами, що призводить до великих витрат часу та коштів;
- низька надійність системи в цілому та окремих її засобів;
- похибки вимірювання параметрів технологічного процесу не відповідають сучасним вимогам по точності управління;
- типова система має низьку якість електричних комунікацій, що призводить до виникнення додаткових суттєвих похибок віддаленого вимірювання температури повітря всередині кагатів;
- низька швидкодія системи, коли обіг 128 точок контролю температури повітря всередині кагатів здійснюється за 64 секунди;
- контрольно-вимірювальні прилади розміщені на спеціальному щиті, який має низьку інформативну здатність, а частина інформації одержується шляхом вимірювань переносними приладами на території сховища, що не дає можливості оператору швидко і ефективно реагувати на зміну подій в технологічному процесі;
- технічне виконання системи не відповідає сучасним ергономічним умовам в плані інформаційного забезпечення та якості роботи оператора, бо в ній не передбачені ефективні засоби аварійної сигналізації.
- оператор для виконання вимірювань переносними приладами змушений працювати у важких виробничих умовах, а не в окремому приміщенні;
- повна відсутність засобів автоматизації документування

результатів роботи системи, неможливість автоматичного аналізу цієї інформації (в тому числі і техніко-економічного) та формування різноманітних звітів для верхнього рівня управління виробництвом;

- неможливість інтегрування системи в загальну автоматизовану систему управління виробництвом всього підприємства (АСУВ).

Виходячи з наведених недоліків типової системи управління технологічним процесом зберігання буряка в практиці його автоматизації була поставлена задача проектування більш ефективних систем управління на базі сучасних програмно-апаратних засобів промислової автоматизації та комп'ютерних технологій. На початку нового сторіччя на цукрових заводах стали з'являтися такі комп'ютеризовані системи управління [11-18].

Сучасні комплексні та локальні системи управління цукровим виробництвом зараз розробляються та впроваджуються цілою низкою українських, російських та закордонних фірм, наприклад, ВАТ «Цукроавтомат» (м. Київ), ТОВ «ТЕПЛОКОМ» (м. Київ), АТЗТ «Кристал» (м. Київ), ВАТ «Бердичівський машинобудівний завод «Прогрес», група компаній «Техинсервис» (м. Київ), холдинг ТОВ "Кред" (м. Одеса, Україна), ВАТ «Червонський цукровик» (Україна), група Fives Cail, компанії Maguin S.A.S., Barriquand Technologies Thermigues, Applexion/Novasep process, Florimond Desprez, AgroBioSucres Engineering та інші.

В [13] описана одна з таких сучасних систем. Основними пристроями, що дозволили створити цю високонадійну систему автоматизації технологічних процесів цукрового виробництва є промисловий контролер, що має високі технічні й експлуатаційні характеристики. В системі широко застосовані контролери типу MicroPC фірми Octagon Systems (США), які, завдяки своїм високим експлуатаційним характеристикам, відкритій архітектурі, високій надійності й повній IBM PC сумісності, досягають прийнятного для вітчизняного споживача рівня за критерієм «ціна – продуктивність» і забезпечують вирішення практично будь-яких задач автоматизації. Контролери збираються на базі мікроконтролера MicroPC 6040 у монтажному каркасі 5206 RM з використанням виробів фірм Octagon Systems, Advantech, Grayhill і Fastwel.

Система складається з низки підсистем, побудованих на основі промислових контролерів, що керують окремими виробничими процесами (прийомкою, зберіганням, мийкою, сатурацією і т.д.). Розроблене програмне забезпечення системи в цілому дозволяє керувати в реальному масштабі часу усіма технологічними процесами, а також виконувати візуалізацію їх ходу на екрані комп'ютерів технологічних операторських станцій. Користувальницька програма, завантажена в кожний контролер, дає можливість реалізувати багатозадачні алгоритми керування будь-якої складності. Пакет верхнього рівня підтримує мережні функції, що дозволяє поєднувати комп'ютери окремих технологічних операторських станцій у заводську цифрову мережу.

В підсистемі управління технологічним процесом зберігання буряка застосовані високоточні первинні перетворювачі й прилади (температури і вологості) з високими експлуатаційними характеристиками як власного виробництва, так і покупні. Це дало можливість забезпечити в системі достовірні значення контрольованих параметрів технологічного процесу, а в сукупності з надійними виконавчими механізмами (кульовими кранами й дисковими затворами власного виробництва), досягти оперативного та ефективного впливу на зміни параметрів технологічного процесу.

Особливістю побудови такої підсистеми у порівнянні з типовою схемою (див. рисунок 1.1) є те, що в багатьох точках кагатів буряка вимірюється не тільки температура повітря, але і його вологість (стаціонарними датчиками вологомірів), а всі дії управління вентилями та вентиляторами здійснюються автоматичними регуляторами на основі обробки інформації з відповідних датчиків технологічних параметрів.

Така система автоматизації введена в експлуатацію на більш ніж 10 цукрових заводах у країнах СНД. Користувачі по достоїнству оцінили її функціональні можливості й економічну ефективність від впровадження [13].

Але і ця система має суттєві недоліки, головним з яких є її дорожнеча. Це пояснюється тим, що:

- в процесі розробки програмного забезпечення системи управління (для технологічних операторських станцій та промислових контролерів) використовувались універсальні мови програмування, зокрема C++, що призвело до великих витрат часу та коштів на оплату праці висококваліфікованих програмістів;

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

- організація-розробник для реалізації процедур управління та регулювання в системі використала дорогі промислові контролери типу MicroPC фірми Octagon Systems (США) та вимірювальні пристрої власного виробництва, що також призвело до збільшення вартості супроводження системи для підприємства, де встановлена система (ремонт та заміна обладнання на нове і тільки такого ж типу виконується з залученням співробітників і ресурсів організації-розробника).

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

Тому будь-яка модернізація системи на підприємстві знову неможлива без залучення організації-розробника, що знову веде до

збільшення витрат підприємства у порівнянні з тим, що воно могло б робити модернізацію власними силами.

Виходячи з усіх перелічених недоліків існуючих систем, можна сформулювати напрямки подальшого проектування нової системи управління технологічним процесом зберігання буряка, яка б не мала всіх, або більшої частки, цих недоліків.

На основі цих напрямків можна буде розробити детальне технічне завдання на дипломне проектування системи, в якому вказати способи усунення недоліків існуючих систем управління, умови експлуатації нової системи управління, терміни виконання та захисту як окремих частин проекту, так і дипломного проекту в цілому.

1.3 Вимоги діючих стандартів до проектування ІСА виробництва

Концепція комп'ютерно-інтегрованого виробництва «СІМ» (Computer Integrated Manufacturing) була сформована наприкінці ХХ століття, тоді ж були розроблені перші міжнародні стандарти у цій області [19-21]. Ці стандарти надають конкретні рекомендації як щодо організації самого комп'ютерно-інтегрованого виробництва (неперервного, дискретного, періодичного), так і щодо побудови відповідних інтегрованих систем управління (ІСА) цього виробництва.

Так, в [19] визначена загальна ієрархічна структура ІСА 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, що є темою даного кваліфікаційного

проєкту. Так, спеціальна міжнародна асоціація виробників систем управління виробництвом «MESA» зафіксувала в 1994 році типові функції систем рівня АСУВ/MES для підприємств всіх галузей промисловості дискретного, періодичного й безперервного типів [22]. Ця стандартна функціональна структура показана на рисунку 1.2. Ця структура містить такі функції:

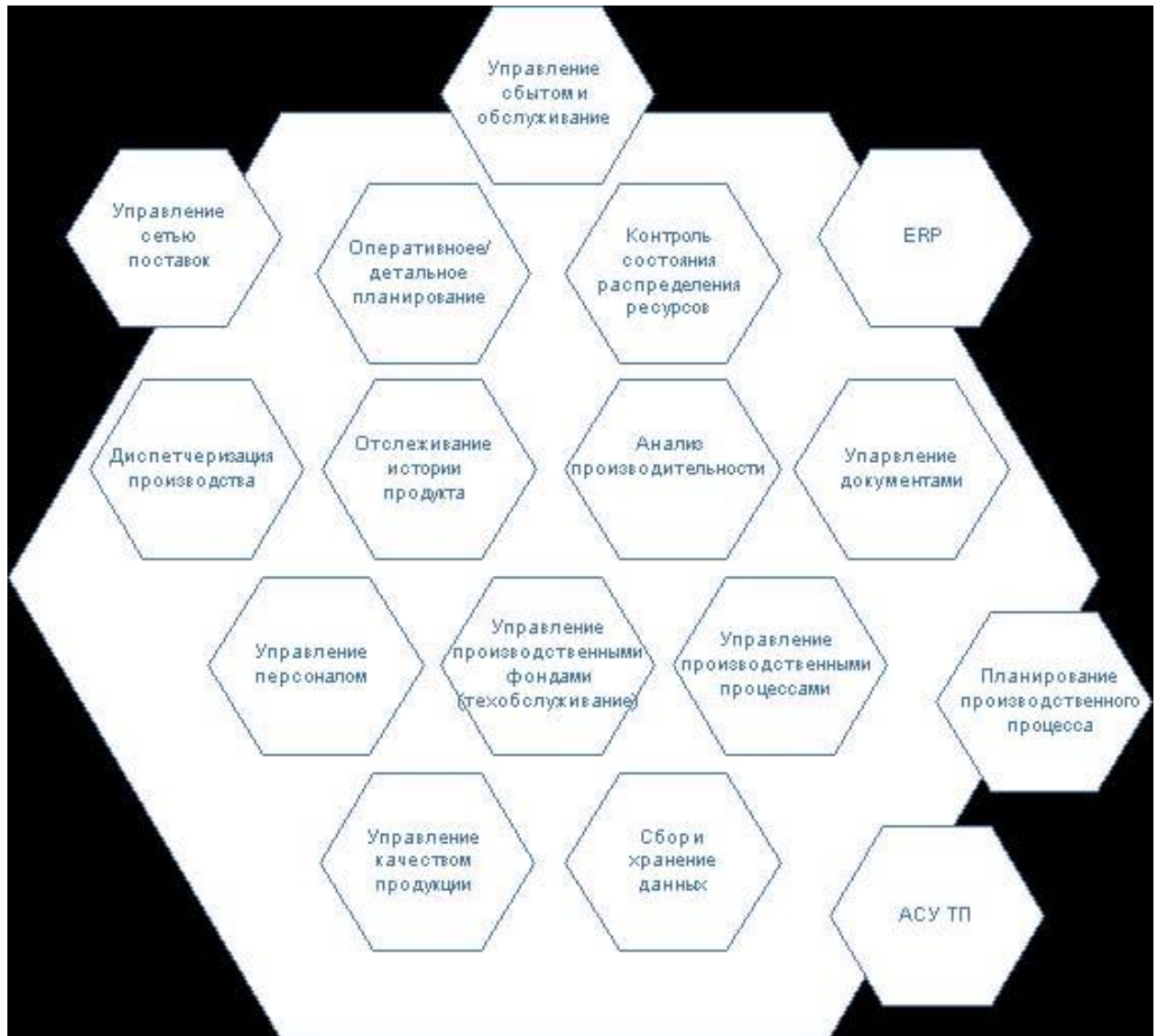


Рисунок 1.2 – Стандартна функціональна структура ICA на рівні АСУВ/MES

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.

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 [23]. 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 ISA – рівнем «АСУВ/MES системи» і рівнем «АСУП/ERP системи».

Таким чином, стандартний функціонал ISA 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 ISA 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 ISA. 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 проведених вище аналізів вимог діючих стандартів до побудови ІСА виробництвом на рівні «АСУВ/MES» та існуючих аналогічних АСУТП можна сформулювати напрямки подальшого проєктування ІСА за темою кваліфікаційного проєкту та розробити її концептуальне рішення (концепцію), яка означить загальне бачення проєкту системи.

1.4 Обґрунтування концепції побудови нової ІСА

Враховуючи рекомендації діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва нову ІСА для промислового зберігання буряка 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 побудові нової ІСА.

Вище було також відмічено, 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 [23, 24]. 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 [24] 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 [24]. 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 виробництвом, можна запропонувати відповідну раціональну загальну архітектуру нової ІСА, яка показана на рисунку 1.3 та в додатку Б..

Як видно з рисунку, нова ІСА для промислового зберігання буряка 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 зберігання буряка та спеціалізованою автоматизованою системою (САС) вимірювання/контролю додаткових технічних параметрів. Верхній рівень системи утворюється також двома автоматизованими системами – інформаційною виробничою системою (ІВС) та системою автоматизованих служб управління виробництвом. Перша система служить інформаційною платформою для реалізації функцій другої автоматизованої системи.

АСУТП здійснює усі функції щодо управління технічним процесом в режимі реального часу, наприклад, збирає та зберігає відповідні цифрові дані про поточний стан та хід технічного 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

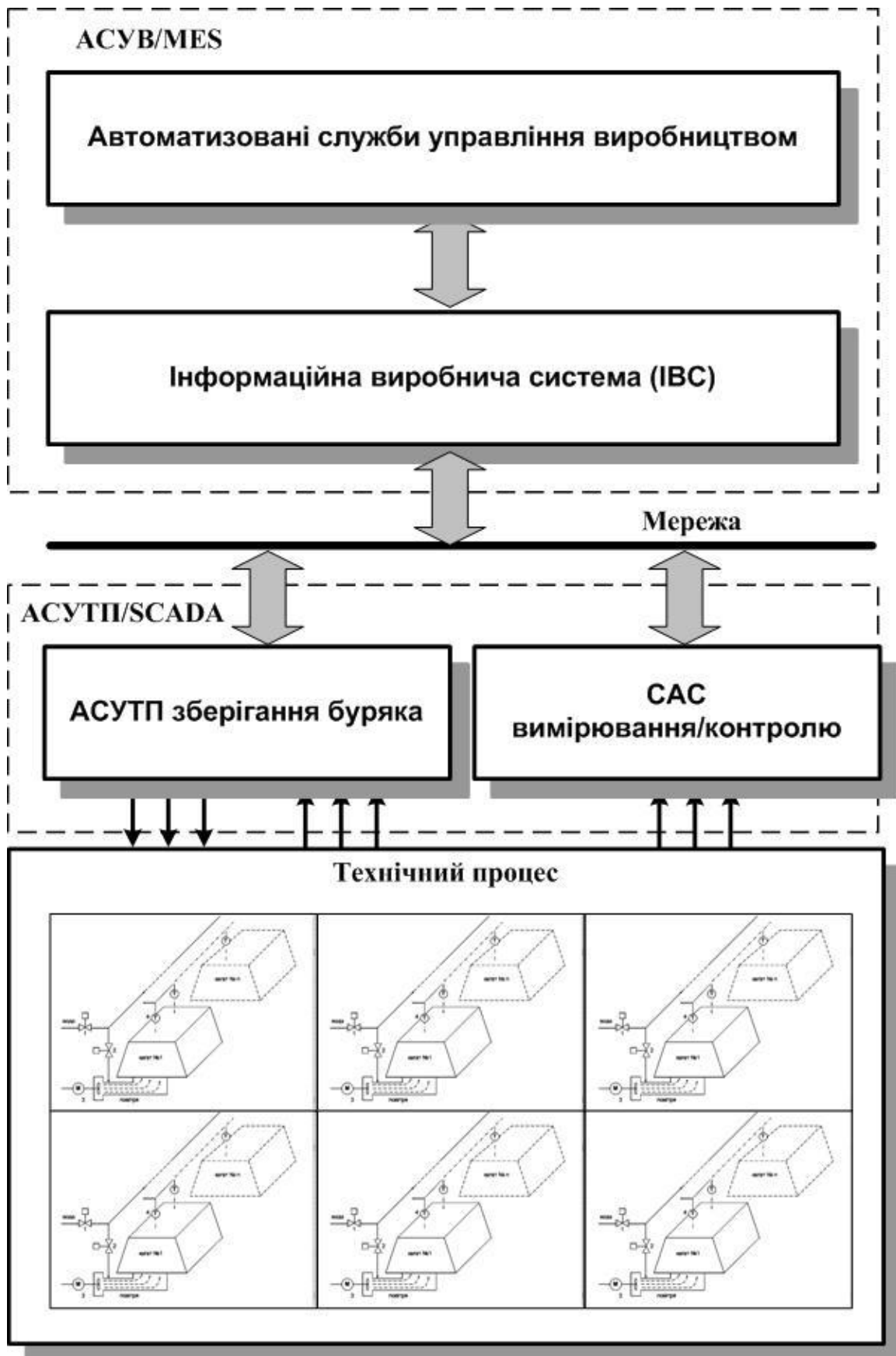


Рисунок 1.3 – Загальна архітектура нової ІСА

та хід технічного 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, 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 нової ІСА не поєднується за своєю технічною структурою й функціональним складом з будь-якою автоматизованою системою нижнього рівня управління (АСУТП або САС).

Сформуємо тепер напрями подальшого проектування кожної зі складових частин розробленої архітектури нової ІСА, зокрема, визначимо основні вимоги до їх проектування.

Розглянемо складову частину архітектури «АСУТП». По-перше, поставимо задачу спроектувати її більш дешевою ніж існуючі аналогічні системи, що розглядались вище. Це може бути досягнуто завдяки використанню автоматизованого середовища (інструментальних засобів) проектування цієї системи, що не вимагатиме залучення праці висококваліфікованих програмістів, крім того, таке автоматизоване проектування різко скоротить і загальний термін розробки, що, як наслідок, теж сприятиме здешевленню отриманого проекту даної системи.

По-друге, при проектуванні АСУТП доцільно застосувати не менш ефективні, але більш дешеві, програмно-апаратні засоби автоматизації виробництва таких країн, як Корея, Тайвань і т.д., що, без сумніву, не тільки знизить вартість реалізації системи, але і дозволить зменшити вартість та витрати часу на її ремонт, підвищить надійність системи в цілому та окремих її складових частин, покращить якість управління процесом завдяки більш ефективному аналізу інформації з технологічних датчиків.

По-третє, застосування в складі даної системи сучасних датчиків та цифрових алгоритмів обробки їх сигналів дозволить різко підвищити точність управління всім технічним процесом промислового зберігання буряка.

По-четверте, структура нової АСУТП повинна бути відкритою, що дозволить у разі зміни параметрів технологічного процесу або алгоритмів управління ним значно спростити нарощування чи переналагоджування системи, так як її складові взаємодіятимуть за стандартними уніфікованими сигналами та стандартними протоколами передачі даних.

По-п'яте, нова АСУТП повинна мати високу якість інформативного забезпечення оператора, щоб дозволити йому на декількох екранах спостерігати результати управління/вимірювання/контролю задіяних параметрів технічного процесу у відповідності з сучасними ергономічними вимогам.

По-шосте, нова АСУТП повинна дозволити повністю автоматизувати документування результатів своєї роботи та генерування різноманітних звітів для верхніх рівнів управління виробництвом та підприємством.

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

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

Для проектування нової АСУТП визначимо основні кількісні характеристики роботи цієї системи.

Частина обладнання системи буде встановлена на території сховища буряка, а друга частина – в приміщенні операторської.

Для обладнання, що встановлене в сховищі, встановленні такі умови:

- температура навколишнього середовища від -10°C до $+30^{\circ}\text{C}$;
- відносна волога повітря від 40 до 100 %;
- ударне навантаження відсутнє;
- вібрація частотою від 10 до 30 Гц, віброприскорення до $19,6\text{ м/с}^2$, лінійне прискорення відсутнє;
- додатковою умовою є можливість утворення роси та інею, дія дощу та повітряно-пилових потоків.

Для обладнання, що встановлене в опалювальному приміщенні операторської, умовами експлуатації є такі:

- температура навколишнього середовища від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря не більше 88% (при $t = +25^{\circ}\text{C}$);
- ударні навантаження відсутні;
- вібрація підлоги частотою від 10 до 30 Гц, віброприскорення не більше $19,6\text{ м/с}^2$, лінійного прискорення немає;
- понижений атмосферний тиск не більший 61 кПа.

Вихідними параметрами технологічного процесу зберігання цукрового буряку, що регулюються системою, є температура повітря T_n в п

точках кагату та відносна вологість ϕ повітря в кагатах. Різниця температур в кагаті та зовнішнього повітря, при якій виконується провітрювання, менше або дорівнює $1 - 2^{\circ}\text{C}$.

Відносна вологість повітря, при якій виконується зволоження повітря, менше або дорівнює 80 %.

Автоматичне ввімкнення вентиляторів має здійснюватись при двох умовах : $T_n - T_v \geq 3 \div 4^{\circ}\text{C}$, $T_v > 0^{\circ}\text{C}$, а вимикання – при одній з умов; $T_n - T_v < 2^{\circ}\text{C}$ та $T_v \leq 0^{\circ}\text{C}$, де T_v – температура оточуючого повітря.

Вимкнення живлення вентилятора здійснюється при $T_n \approx T_v$, а також при підмерзанні буряка, коли $T_v \leq 0^{\circ}\text{C}$.

Тому вимірюванню підлягає температура оточуючого середовища в діапазоні від -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Зволоження повітря в кагатах проводиться при різниці $\phi - \phi_z = 80 - 85\%$ при умові ввімкнення вентилятора.

Підтримання заданої температури в кагатах здійснюється за допомогою вимірювання температури T_n та вологості ϕ у 128 точках сховища цукрового буряка, швидкість оббігання яких становить 34 мс.

При цьому кількість буряка, що підлягає контролю однієї точки становить 500 – 1000 т.

Інформація від точок контролю надходить на пульт керування, де ця температура та вологість порівнюється з заданими температурою T_v та вологістю ϕ_z повітря.

На основі аналізу порівняння виконуються відповідні дії, якщо виконуються умови $T_n - T_v \geq 3 - 4^{\circ}\text{C}$, $T_v > 0^{\circ}\text{C}$, то вмикається вентилятор, а якщо істинні умови $T_n - T_v < 2^{\circ}\text{C}$ та $T_v \leq 0^{\circ}\text{C}$ - то вимикається вентилятор 3.

Коли виконується умова $\phi - \phi_z$ дорівнює 80 – 85 %, то відкривається вентиль 1 , а подачу води на зволоження здійснює вентиль 2.

У разі коли температура цукрового буряка в кагатах T_n перевищуватиме температуру повітря навколишнього середовища більш як на $3 \div 4^{\circ}\text{C}$, а вентилятори обдування кагатів не ввімкнулися автоматично, то оператор повинен перевести керування системою в положення «ручне керування» та запустити їх в роботу самостійно.

Таку саму операцію він повинен виконати тоді, коли вологість повітря в кагатах цукрового буряка ϕ зменшиться за 80 %.

З ергономічної точки зору графічний інтерфейс оператора повинен складатися з одного основного екрану та кількох додаткових. На основному екрані відображується мнемосхема технологічного процесу та засоби сигналізації про аварійні події.

На першому додатковому екрані виводяться результати регулювання температури T_n та вологості ϕ в кагатах цукрового буряка, мнемосхема з технологічною анімацією роботи вентилятора та струменю повітря, а також з анімацією роботи зволожувальної системи з відображенням положення вентилів 1 та 2.

На другому додатковому екрані виводяться таблиця з температурою T_p та вологістю ϕ по кожному кагату з виділеннями кольором параметрів кагатів, що перевищують задані значення.

Система повинна автоматично формувати звіт про роботу сховища буряку на протязі робочої зміни з 8.00 до 17.00.

До звіту вносяться такі дані:

- середня температура за зміну по кожному кагату;
- середня вологість по кожному кагату за зміну;
- кількість аварійних керувань системою вручну.

Звіт виводиться на екран за вимогою оператора.

Розглянемо тепер таку складову частину архітектури ІСА як «САС вимірювання/контролю». Як було зазначено вище, ця спеціалізована автоматизована система нижнього рівня призначена для збирання даних про додаткові параметри ТП зберігання буряка, які потрібні для ефективного виконання автоматизованих функцій системами рівня «АСУВ/MES». Тому вимоги до даної складової частини означимо лише тоді, коли будуть остаточно сформовані напрями проєктування та вимоги до відповідних систем рівня «АСУВ/MES», що за нашим проєктом будуть входити до складу нової ІСА.

Це виробництво відноситься до періодичного типу [13]. Тому функції автоматизованих служб управління ним мають певну специфіку реалізації у порівнянні з обов'язковими управлінськими функціями, що описані, наприклад, в стандарті «MESA-11» [22]. Тобто, на конкретному підприємстві зазначені в стандарті управлінські функції зазвичай розподіляються між тими виробничими службами, які вже існують в організаційній структурі даного підприємства. Наприклад, стандартна функція «Контроль стану й розподілу виробничих ресурсів» на реальному підприємстві може бути розподілена між такими автоматизованими службами як виробнича, технологічна, економічна, головного механіка, головного енергетика та іншими.

Для подальшого проєктування ІСА для промислового зберігання буряка виберемо одну із складових частин архітектури нової ІСА (див. рисунок 1.3), наприклад «АСУТП», і вже для неї розробимо детальне технічне завдання на бакалаврське кваліфікаційне проєктування. Це технічне завдання, оформлене за вимогами стандартів у вигляді окремого документу, наведено у додатку А.

Рисунок 2.1 – Схема функціональної структури АСУТП

На схемі системи управління застосовані такі позначення:

- "ПС" – пристрій сигналізації;
 - "ПР" – пристрій реєстрації;
 - "П" – підсилювач сигналу;
 - "ВМ1" – виконавчий механізм регулюючого органу подачі води до кагату (вентиль 2);
 - "РО1" – регулюючий орган подачі води до кагату (вентиль 2);
 - "Р1" – регулятор подачі води до кагату;
 - "ВН" – прилад вимірювання напору повітря;
 - "ДН" – датчик приладу вимірювання напору повітря;
 - "ПВ1" – пристрій відображення значення напору повітря;
 - "ЗП1" – пристрій, що задає значення температури повітря в кагаті;
 - "Р2" – регулятор температури повітря;
 - "ВМ2" – виконавчий механізм контуру регулювання температури (електродвигун вентилятора);
 - "РО2" – регулюючий орган (вентилятор);
 - "Д1.1" – "Д1.3" – датчики температури повітря в трьох точках кагату;
 - "ВТ" – прилад вимірювання температури;
 - "ПВ2" – пристрій відображення значень температури;
 - "ЗП2" – пристрій, що задає значення вологості повітря в кагаті;
 - "Р3" – регулятор вологості повітря в кагаті;
 - "ВМ3" – виконавчий механізм регулюючого органу подачі води до сховища буряка;
 - "РО3" – регулюючий орган подачі води до сховища буряка (вентиль 1);
 - "Д2.1" – "Д2.3" – датчики вологості повітря в трьох точках кагату;
 - "ВВ" – прилад для вимірювання вологості повітря в кагаті (вологомір);
 - "ПВ3" – пристрій відображення значень вологості
- Зображені на схемі змінні мають таке призначення:
- "U1" – механічний керуючий сигнал на регулюючий орган РО1 (вентиль2);
 - "U1*" – електричний керуючий сигнал на виконавчий механізм ВМ1 регулюючого органу РО1 (вентиль2);
 - "F2" – вихідний сигнал регулюючого органу РО1 (витрати води);
 - "P" – значення тиску повітря (напір) на виході вентилятора;
 - "P*" – значення електричного сигналу, що несе інформацію про тиск повітря (напір) на виході вентилятора;
 - "T_B*" – сигнал, що задає поріг температури, при якому вмикається система активної вентиляції кагату (наприклад, поточне значення температури оточуючого повітря);
 - "T1" – "T3" – значення температури повітря всередині кагату для

трьох контрольованих точок;

- “Тп*” – електричний сигнал, що несе інформацію про значення температур Т1 – Т3;

- “ΔТ” – похибка регулювання температури повітря всередині кагату;

- “U2” – механічний керуючий сигнал на вентилятор РО2 (крильчатка вентилятора);

- “U2*” – електричний керуючий сигнал на виконавчий механізм ВМ2 (електродвигун) вентилятора РО2;

- “МВ*” – сигнал, що задає поріг вологості повітря, при якому вмикається система активного зволоження кагату (наприклад, поточне значення вологості оточуючого повітря);

- “М1” - “М3” – значення вологості повітря всередині кагату для трьох контрольованих точок;

- “Мп*” – електричний сигнал, що несе інформацію про значення вологості М1 – М3;

- “ΔМ” – похибка регулювання вологості повітря всередині кагату;

- “U3” – механічний керуючий сигнал на регулюючий орган РО3 (вентиль 1);

- “U3*” – електричний керуючий сигнал на виконавчий механізм ВМ3 регулюючого органу РО3 (вентиль 1);

- “F1” – вихідний сигнал регулюючого органу РО3 (витрати води);

Система управління працює наступним чином. За допомогою датчиків Д1.1-Д1.3, що розташовуються в трьох точках кагату на відстані 10-15 м один від одного, виконуються автоматичні вимірювання температури повітря всередині кагату. Сигнали датчиків надходять на вимірювальний прилад ВТ, що перетворює вхідний сигнал датчиків у вихідний сигнал “Тп*”, який призначений для дистанційної передачі до регулятора Р2, реалізованого в комп’ютері оператора. Отримана інформація відображається на графічному інтерфейсі операторської станції (пристрій ПВ2), на якому оператор бачить значення температури в різних точках кагату. В пристрої порівняння обраховується похибка регулювання температури повітря всередині кагату шляхом порівняння поточної температури в трьох точках (Т1-Т3) із значенням температури оточуючого середовища Тв. За результатами порівняння на регулятор Р2 подається сигнал похибки ΔТ, за якою він формує управляючу дію на виконавчий механізм ВМ2 (електродвигун) вентилятора РО2. За встановленими рекомендаціями вмикання вентилятора повинно відбуватися при значенні похибки регулювання в межах 1-2 °С. Процес провітрювання буде тривати до тих пір, поки похибка регулювання температури не стане меншою за встановлені границі.

Аналогічно контуру регулювання температури повітря всередині кагату працює контур регулювання вологості повітря в зоні кагату. В ньому використовуються датчики вологості Д2.1-Д2.3, встановлені в ті ж самі зони

кагату, де знаходяться датчики температури Д1.1-Д1, але над його поверхнею. Сигнали датчиків вологості надходять на вимірювальний прилад ВВ, що перетворює вхідний сигнал датчиків у вихідний сигнал "Мп*", який призначений для дистанційної передачі до регулятора РЗ, реалізованого в комп'ютері оператора. Отримана інформація відображається на графічному інтерфейсі операторської станції (пристрій ПВЗ), на якому оператор бачить значення вологості в різних точках поверхні кагату. В пристрої порівняння обраховується похибка регулювання вологості повітря шляхом порівняння поточної вологості в трьох точках (М1-М3) із заданим значенням вологості оточуючого середовища Мв. За результатами порівняння на регулятор РЗ подається сигнал похибки ΔМ, за якою він формує управляючу дію на виконавчий механізм ВМЗ регулюючого пристрою РОЗ (вентиль 1). За встановленими рекомендаціями подача води в систему зволоження повинна відбуватися при значенні відносної вологості оточуючого середовища менше 80%. Процес зволоження буде тривати до тих пір, поки вказані умови зволоження повітря всередині кагату не будуть виконані.

При роботі контуру регулювання вологості застосовується блокування виконавчого механізму подачі води перед вентилятором. При цьому датчиком ДН та вимірювальним приладом ВН вимірюється тиск повітря (напір) на виході вентилятора. Результат вимірювання у вигляді електричного сигналу дистанційно передається до регулятора Р1 та пристрою відображення ПВ1, реалізованих в операторській станції. Якщо вентилятор працює (є відповідний напір повітря), то регулятор Р1 формує сигнал вмикання вентиля 2, який дистанційно передається до підсилювача сигналу П, а потім на виконавчий механізм ВМ1 вентиля. Вода з вхідного вентиля 1 (якщо він відкритий регулятором РЗ) поступає через вентиль 2 і розсіюється вентилятором в повітрі, що закачується досередини кагату.

В системі передбачена використання пристрою сигналізації ПС (сигналізує про всі аварійні події в системі) та пристрою реєстрації ПР (реєструє усі технологічні параметри процесу зберігання). Ці пристрої реалізовується програмним шляхом в операторській станції системи.

2.2 Електрична структурна схема системи

Згідно з розробленою вище схемою функціональної структури виберемо тепер усі необхідні для її реалізації засоби автоматизації.

Для цього складемо таблицю усіх фізичних величин, що підлягають вимірюванню чи контролю в проектованій системі автоматизованого управління технологічним процесом зберігання буряка (таблиця 2.1).

Проаналізувавши каталоги продукції фірм-дистриб'юторів, які спеціалізуються на поставці засобів автоматизації та засобів вимірювальної техніки, виберемо датчики та вимірювальні прилади для проекрованої

системи, що вдовольняють нас за метрологічними та техніко-економічними показниками.

Для вимірювання температури можна застосувати термоперетворювачі опору [25].

Вони призначені для вимірювання температури та різниці температур шляхом занурення в рідке, газоподібне або сипуче середовище. Можуть бути застосовані в теплоенергетиці, хімічній, харчовій та інших галузях промисловості.

Таблиця 2.1 – Перелік фізичних величин, що підлягають вимірюванню та контролю в системі

Фізична величина	Діапазон вимірювання	Особливі вимоги
1	2	3
Температура в кагаті T1-T3, °C	від -10 до +40	Вимірюється у трьох точках кагату, розміщених уздовж повздовжньої вісі на відстані 10-15 м одна від одної
Температура оточуючого повітря T _в , °C	від -10 до +40	Вимірюється датчиком, встановленим на території сховища буряків
Вологість повітря всередині кагату, %	від 0 до 85	Вимірюється у трьох точках кагату, розміщених уздовж повздовжньої вісі на відстані 10-15 м одна від одної
Напір повітря на виході вентилятора, МПа	від 0,3 до 1,5	Вимірюється перед крильчаткою вентилятора на відстані 1 м

Дані термоперетворювачі виконані у відповідності до ДЕСТ України та мають наступні параметри:

- діапазон вимірюваної температури від -20 до +180 °С;
- діапазон вимірювань різниці температур від 3 до 180 °С;
- границі допустимої абсолютної похибки вимірювання температури $\pm 0,15 - 0,17$ °С;

- максимальний робочий тиск у захисній гільзі 2,5 МПа;
- ступінь захисту IP65;
- середнє напрацювання на відмову 100000 годин;
- середній термін придатності 12 років;
- гарантійний термін обслуговування 18 місяців.

Для вимірювання напору повітря від ввімкненого вентилятора вибираємо перетворювач тиску АИР – 20/М2 [25]. Вони призначені для безперервного перетворення значень надлишкового тиску, розрядження, надлишкового тиску-розрядження, абсолютного тиску та гідростатичного тиску рідких та газоподібних середовищ в уніфікований струмовий сигнал. Перетворювач тиску АИР – 20/М2 має наступні характеристики:

- максимальна границя вимірювань 2,5 МПа;
- мінімальна границя вимірювань 0,01 МПа;
- границя допустимої основної похибки $\pm 0,1\%$;
- діапазон уніфікованого вихідного сигналу 4-20 мА або 20–4 мА;
- напруга живлення постійного струму 24 – 36 В.

Мікро контролер управління має вбудований інтерфейс RS – 232.

Для контролю вологості вибираємо вологомір НК 85Т німецької компанії Selnorg [25], який призначений для вимірювання вологості сільськогосподарської продукції та має такі характеристики :

- діапазон вимірювання відносної вологості від 4% до 100%;
- діапазон уніфікованого вихідного сигналу 4-20 мА;
- абсолютна похибка вимірювання вологості не більша за 0,5%;
- джерело живлення постійного струму 9 В;
- використовується з електродами М- 20 і М- 18.

Для вибору електричних приводів виконавчих механізмів системи складемо таблицю 2.2 технічних характеристик регулюючих органів (вентилів), які вони приводять до дії. З довідників виберемо виконавчі механізми, що відповідають вимогам таблиці [25].

Виконавчі механізми вентилів мають бути однооборотними. Тому вибираємо механізми типу МЕОФ [25].

Для вентиля 1 підійде МЕОФ–6,3. Умовне позначення МЕОФ – 6,3/12,5 – 0,25 – 98 (рисунок 2.2).

Цей виконавчий механізм має такі характеристики:

- номінальний обертальний момент на вихідному валу 6,3 Н·м;
- номінальний час ходу вихідного валу 12,5 с;
- номінальне значення повного ходу вихідного валу 0,25 повного оберту;
- споживана потужність 43 Вт;

- маса 4 кг;
- робоча температура від -10 до +50 °С.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд виконавчого механізму типу МЕОФ

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики органів управління

Регулюючий орган	Необхідний діапазон ходу регулюючого органу, % ХРО	Необхідний діапазон переміщень вхідного валу регулюючого органу, град.	Характеристика
1	2	3	4
Вентиль 1	0 – 100	0 - 180	Момент опору обертанню 5 Н•м
Вентиль 2	0 – 100	0 - 180	Момент опору обертанню 20 Н•м
Вентилятор	-	-	Продуктивність 25 м³/год.

Склад механізму входять: електродвигун синхронний, редуктор черв'ячний, ручний привод, блок сигналізації положення реостатний та блок кінцевих вимикачів, місцевий показчик положення, фланець та блок безконтактного керування ПБР – 2М.

Для вентиля 2 застосуємо механізм типу МЕОФ–25. Умовне позначення МЕОФ – 25/63 – 0,25 – 98.

Цей виконавчий механізм має такі характеристики:

- номінальний обертальний момент на вихідному валу 25 Н·м;
- номінальний час ходу вихідного валу 63 с;
- номінальне значення повного ходу вихідного валу 0,25 повного оберту;
- споживана потужність 43 Вт;
- маса 4 кг;
- робоча температура від -10 до +50 °С.
- вихідний кінець вала 14 мм;
- кліматичне виконання УЗ.1,ТЗ.1;

Склад механізму входять: електродвигун синхронний, редуктор черв'ячний, ручний привод, блок сигналізації положення реостатний та блок кінцевих вимикачів, місцевий показчик положення, фланець та блок безконтактного керування ПБР – 2М.

В системі використовуємо вентилятор промисловий ВР – 132 – 30 – 10 [25], що має такі характеристики:

- типорозмір асинхронного двигуна АИР180М4;
- потужність двигуна 30 кВт;
- частота обертання 1500 об/ хв.;
- продуктивність 6,84 – 26,28 м³/ год.;
- повний тиск 4545 – 2040 кПа;
- маса 845 кг.

Тепер виберемо силове устаткування системи. Для управління виконавчими механізмами типу МЕОФ, як відмічалось вище, застосовується контактний реверсивний пускач типу ПБР – 2М. Його спрощена електрична функціональна схема зовнішніх кіл наведена на рисунку 2.3.

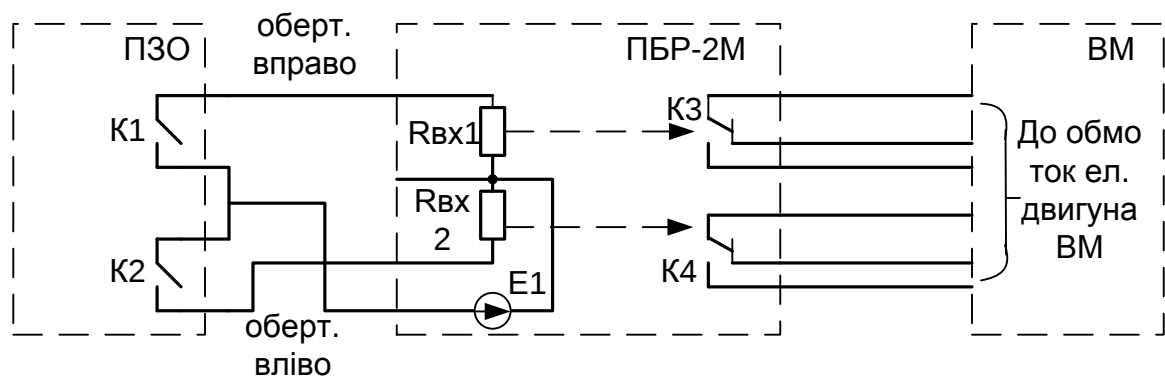


Рисунок 2.3 – Електрична функціональна схема зовнішніх кіл ПБР-2М

Пускач керується зовнішніми контактами К1 та К2 пристрою зв'язку з об'єктом (наприклад, модуля дискретного виведення). В пускачі вбудоване

джерело напруги Е1 напругою 24В. Вихідні контакти К3 та К4 можуть бути реалізовані або у вигляді контактних реле, або у вигляді тиристорів. Ці контакти змінюють підключення двох фаз обмоток електродвигуна виконавчого механізму ВМ до джерела живлення. При цьому змінюється напрямок його обертання (вліво або вправо).

У вибраних виконавчих механізмах типу МЕОФ обов'язково встановлюється датчик зворотного зв'язку, який вимірює положення вихідного важеля механізму, що діє на вхідний вал вентиля. Існують два типи датчиків: БСПІ-10 (з індуктивним датчиком положення) і БСПР-10 (з реостатним датчиком положення).

Датчик БСПІ-10 має такі характеристики:

- робочий кут повороту 0-90 та 0-225 град.;
- вихідний сигнал постійної напруги не більше 625 мВ;
- нелінійність характеристики вхід/вихід. не більша 2,5 %;
- живлення змінною напругою 12,0 В.

Датчик БСПР-10 має такі характеристики:

- кут повороту 0-90 та 0-240 град.;
- повний опір реостату 120 Ом;
- нелінійність характеристики не більша 1,2 %;
- живлення постійною напругою не більшою 12 В.

Для нашої системи вибираємо датчик типу БСПР-10, який живиться напругою 10 В.

Для управління електроприводом вентилятора використовуємо контактний магнітний пускач ПМ–12–063–210 з напругою пускової котушки 24 В [25]. Він має такі характеристики: номінальний струм контактів головного ланцюга 63 А, ступінь захисту ІР – 54, номінальна напруга по ізоляції - 660 В частотою 50 Гц, габаритні розміри - довжина 235мм, ширина 152 мм, товщина 149 мм, маса 1,35 кг.

Тепер можна вибрати типи пристроїв віддаленого введення/виведення сигналів. Їх кількість буде визначатись не тільки кількістю сигналів, але і просторовим розміщенням об'єкту управління.

В системі необхідно вводити такі аналогові сигнали датчиків та вимірювальних приладів:

- три сигнали з термоперетворювачів опору від 0 до 100мВ;
- три сигнали датчиків вологості в кагаті від 4 до 20мА;
- сигнал перетворювача тиску (напору) повітря від 4 до 20мА;
- два сигнали з датчиків положення вихідних важелів виконавчих механізмів вентилів від 0 до 10 В.

В системі необхідно виводити такі дискретні сигнали:

- сигнал відкриття вентиля 1 напругою 24В;
- сигнал закриття вентиля 1 напругою 24В;
- сигнал відкриття вентиля 2 напругою 24В;

- сигнал закриття вентиля 2 напругою 24В;
- сигнал запуску вентилятора напругою 24В;

Виходячи з даних про сигнали проекрованої системи виберемо пристрої для введення/ виведення цих сигналів, тобто пристрої зв'язку з об'єктом управління. Перевагу надамо модуля введення/виведення фірми ADVANTECH (Тайвань) серії ADAM-4000 [26], оскільки модулі серії ADAM-4000 являють собою відносно дешеві малогабаритні багатофункціональні інтелектуальні пристрої зв'язку з об'єктом і спеціально розроблені для застосування у промислових умовах експлуатації. Крім того, вони підтримуються вибраною SCADA - системою Trace Mode 5 (є вбудовані драйвери усіх модулів серії ADAM-4000). Мікропроцесор окремого модуля введення/ виведення забезпечує незалежне від управляючої обчислювальної системи виконання функцій гальванічно-ізолюваного введення-виведення аналогових чи дискретних сигналів з наступною нормалізацією, фільтрацією, перетворенням у форму, що придатна для передачі по послідовному каналу зв'язку, а також забезпечує інформаційний обмін з ведучим вузлом мережі передачі даних (операторською станцією) по інтерфейсу RS-485.

Області застосування модулів серії ADAM-4000 [26]:

- віддалене збирання даних і управління;
- управління технологічними процесами;
- контроль електроспоживання;
- автоматизовані системи диспетчерського управління;
- автоматизація систем водозабезпечення і теплозабезпечення будинків;
- управління верстатами;
- системи безпеки.

З каталогу засобів автоматизації фірми ADVANTECH [26] вибираємо в якості пристроїв введення аналогових сигналів датчиків три модуля типу ADAM – 4017, кожний з яких має 6 диференційних та 2 однополярних входів. Входи можна налаштувати окремо на наступні діапазони сигналів датчиків: $\pm 15\text{мВ}$, $\pm 50\text{мВ}$, $\pm 100\text{мВ}$, $\pm 1\text{В}$, $\pm 2,5\text{В}$, $\pm 20\text{мА}$. На виході модуля буде формуватись 16 розрядний двійковий код, який за інтерфейсом RS-485 передаватиметься через локальну мережу до операторської станції системи.

Для виведення дискретних сигналів застосуємо три модулі релейної комутації ADAM – 4060. Цей модуль має по дві пари нормально розімкнутих силових контактів. Електрична міцність контактів по змінному струму 125В при 0,5А, 250В при 0,3А. Електрична міцність по постійному струму 30В при 2А та 110В при 0,6А.

Для узгодження передавання інформації між модулями ADAM та портом COM1 комп'ютера операторської станції передбачимо перетворювач інтерфейсів RS485/RS232. Виберемо для цього ADAM-4520.

В якості основного комп'ютера проекрованої системи вибираємо

також продукцію фірми ADVANTECH – промислову 1U – консоль оператора RMD-1150KM/F-8 [26], яка виконана у вигляді комп'ютера типу “ноутбук”.

На основі визначеної вище схеми функціональної структури системи (див. рисунок 2.1) та вибраних засобів автоматизації (датчиків, виконавчих механізмів та пристроїв зв'язку з об'єктом) була розроблена електрична структурна схема системи автоматизованого управління (додаток В).

Обладнання системи поділене на три частини, які об'єднані локальною цифровою мережею: обладнання підсистеми введення, обладнання підсистеми виведення та обладнання операторської.

Обладнання підсистеми введення згруповане за модульним принципом – обладнання для введення сигналів з датчиків кагату 1, кагату 2 і т.д. Блоки 1-12 утворюють модуль №1 підсистеми введення САУ технологічним процесом зберігання буряку. З них датчиками відповідних технологічних параметрів є блоки 2, 4-9, датчиками положення вихідного важеля відповідного виконавчого механізму є блоки 1, 3, а пристроями віддаленого введення сигналів датчиків є блоки 10-12.

Підсистема виведення теж побудована за модульним принципом. Кожний модуль відповідає за виведення сигналів управління на виконавчі механізми одного кагату. Так блоки 13-20 утворюють модуль №1 підсистеми виведення САУ для кагату №1. З них пристроями віддаленого виведення дискретних сигналів управління є блоки 13, 16, 19, електромагнітними пускачами, що керують електричними виконавчими механізмами, є блоки 14, 15, 17, 18, 20.

Усі пристрої віддаленого введення та виведення сигналів системи через промислову цифрову мережу RS-485 і перетворювач інтерфейсів (блок 21) зв'язані з комп'ютером операторської станції 22.

2.3 Функціональна схема автоматизації системи

На основі технічного завдання на кваліфікаційне проєктування (додаток А) та електричної структурної схеми інтегрованої системи автоматизації (додаток Б) була розроблена функціональна схема автоматизації (додаток Б). Схема відображає побудову тільки одного модуля АСУТП, що відповідає за управління процесом зберігання буряку у окремому кагаті. Решта модулів АСУТП побудована за аналогічним принципом.

На схемі показані спрощені зображення основного технічного обладнання та самого кагату, а також усі апаратні та програмні засоби автоматизації, що реалізують даний модуль системи автоматизованого управління технічним процесом зберіганням буряку в ньому.

На функціональній схемі автоматизації можна виділити три області монтажу засобів автоматизації: на самому технічному обладнанні (на

трубопроводах та в кагаті), на території сховища біля трубопроводів та кагату ("прилади по місцю", що змонтовані у спеціальних захисних шафах) та в приміщенні операторської ("прилади на пульті").

На схемі позиційними позначеннями виділені окремі контури вимірювання та регулювання параметрів технічного процесу зберігання буряка.

Контур регулювання вологості повітря всередині кагату складається з фізичних та віртуальних (програмно реалізованих) засобів автоматизації. Джерелами інформації для роботи контуру є три датчики вологості «МЕ» з відповідними вторинними перетворювачами «МУ» (пристрої 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6). Вихідні уніфіковані сигнали перетворювачів вводяться до системи через три модуля аналогового введення ADAM-4017 (пристрої 7, 8, 9), які формують на виході відповідні кодові сигнали, що передаються по цифровій мережі RS-485 до операторської станції 10 через перетворювач інтерфейсів 11. В операторській станції встановлена інструментальна система класу SCADA, в якій реалізовані усі віртуальні засоби автоматизації системи. Цифрові коди, що відповідають вологості повітря в трьох точках кагату через послідовний порт COM1 поступають до виконавчого середовища інструментальної системи класу SCADA. Ці дані відображаються на графічному інтерфейсі оператора (пристрої 1-9, 1-12, 1-15), реєструються у історичному локальному архіві (пристрої 1-10, 1-13, 1-16) і перевіряються на встановлені границі (пристрої аварійної сигналізації 1-11, 1-14, 1-17). Крім того, ці дані поступають на вхід регулятора вологості 1-7, який порівнює їх з встановленим номінальним значенням вологості і при необхідності формує управляючий сигнал на відкривання вхідного вентиля 1 подачі води до системи зволоження. Цей сигнал виводиться з операторської станції через порт COM1, перетворювач інтерфейсів 11, цифрову мережу RS-485 та модуль дискретного виведення ADAM-4060 (пристрій 6) на пускач 1-18 виконавчого механізму 1-19 вентиля 1. Вентиль починає відкриватися, а переміщення його вхідного важеля вимірюються датчиком 1-20. Сигнал цього датчика вводиться до операторської станції через модуль аналогового введення ADAM-4017 (пристрій 7), цифрову мережу RS-485, перетворювач інтерфейсів 11 та порт COM1 комп'ютера. Інформація про реальне положення вентиля 1 відображається на графічному інтерфейсі оператора (пристрій 1-21), реєструється в локальному архіві (пристрій 1-22), перевіряється на наявність аварії, наприклад, вихід з ладу вентиля (пристрій 1-23) і передається до регулятора вологості 1-7. Регулятор враховує інформацію про реальне положення вентиля 1 для коректного формування управляючого сигналу на виконавчий механізм цього вентиля (сигнал необхідно зняти, коли вентиль досягає крайнього положення).

Допоміжним контуром для регулювання вологості повітря є контур блокування виконавчого механізму вентиля 2 при непрацюючому вентиляторі. Цей контур отримує інформацію з датчика напору повітря 2-1 та

його вторинного перетворювача 2-2, який формує на своєму виході уніфікований аналоговий сигнал, пропорційний напору (тиску) повітря на виході вентилятора. Цей сигнал вводиться в систему через модуль аналогового введення ADAM-4017 (пристрій 7), який формує на виході відповідний кодовий сигнал, що передається по цифровій мережі RS-485 до операторської станції. Далі цифровий код, що відповідає напору повітря через послідовний порт COM1 поступає до виконавчого середовища інструментальної системи класу SCADA. Ці дані відображаються на графічному інтерфейсі оператора (пристрій 2-3), реєструються у історичному локальному архіві (пристрій 2-4) і перевіряються на встановлені границі (пристрій аварійної сигналізації 2-5). Крім того, ці дані поступають на вхід регулятора 2-6 роботи вентиля 2 подачі води до вентилятора. Якщо напір повітря перевищує встановлену границю, то регулятор формує управляючий сигнал на відкриття вентиля 2 подачі води до вентилятора кагату. Цей сигнал виводиться з операторської станції через порт COM1, перетворювач інтерфейсів 11, цифрову мережу RS-485 та модуль дискретного виведення ADAM-4060 (пристрій 5) на пускач 2-7 виконавчого механізму 2-8 вентиля 2. Вентиль починає відкриватися (вода поступає перед крильчаткою вентилятора та розпилюється ним у повітрі), а переміщення його вхідного важеля вимірюються датчиком 2-9. Сигнал цього датчика вводиться до операторської станції через модуль аналогового введення ADAM-4017 (пристрій 7), цифрову мережу RS-485, перетворювач інтерфейсів 11 та порт COM1 комп'ютера. Інформація про реальне положення вентиля 2 відображається на графічному інтерфейсі оператора (пристрій 2-10), реєструється в локальному архіві (пристрій 2-11), перевіряється на наявність аварії, наприклад, вихід з ладу вентиля (пристрій 2-12) і передається до регулятора роботи вентиля 2-6. Регулятор враховує інформацію про реальне положення вентиля 2 для коректного формування управляючого сигналу на виконавчий механізм цього вентиля (сигнал необхідно зняти, коли вентиль досягає крайнього положення).

Аналогічно з контуром регулювання вологості повітря побудований контур регулювання температури повітря всередині кагату. Джерелами інформації для роботи контуру є три датчики температури ТЕ з відповідними вторинними перетворювачами ТУ (пристрої 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6). Вихідні уніфіковані сигнали перетворювачів вводяться до системи через три модуля аналогового введення ADAM-4017 (пристрої 7, 8, 9), які формують на виході відповідні кодові сигнали, що передаються по цифровій мережі RS-485 до операторської станції 10 через перетворювач інтерфейсів 11. Цифрові коди, що відповідають температурі повітря в трьох точках кагату через послідовний порт COM1 поступають до виконавчого середовища інструментальної системи класу SCADA. Ці дані відображаються на графічному інтерфейсі оператора (пристрої 3-9, 3-12, 3-15), реєструються у історичному локальному архіві (пристрої 3-10, 3-13, 3-16) і перевіряються на

встановлені границі (пристрої аварійної сигналізації 3-11, 3-14, 3-17). Крім того, ці дані поступають на вхід регулятора температури 3-7, який порівнює їх з встановленим номінальним значенням температури і при необхідності формує управляючий сигнал на вмикання вентилятора подачі свіжого повітря в кагат. Цей сигнал виводиться з операторської станції через порт COM1, перетворювач інтерфейсів 11, цифрову мережу RS-485 та модуль дискретного виведення ADAM-4060 (пристрій 4) на пускач 3-18 електродвигуна 3-19 вентилятора. Вентилятор починає обертатися, а тиск повітря (напір), що утворює його крильчатка, вимірюється датчиком тиску 2-1. Сигнал цього датчика, крім описаного вище блокування вентиля 2, забезпечує відображення стану вентилятора ("працює"/ "не працює") на графічному інтерфейсі оператора, а також відповідну аварійну сигналізацію у разі виходу вентилятора з ладу.

В системі передбачені два віртуальних пристрою реєстрації вихідних сигналів регуляторів температури та вологості (пристрої 3-8 і 1-8). Інформація, що накопичується ними, призначена для аналізу спеціалістами у разі виникнення в системі якоїсь аварійної події.

3 Проєктування програмної частини системи

3.1 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 [26-29].

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 ІСА. Тому ми не будемо розглядати їх детальніше для вибору інструментальної системи проєктування ПЗ АСУТП.

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 ІСА, а зачистити і АСУТП, вибираємо в якості інструментальної системи

проектування ПЗ системи управління технологічним процесом промислового виробництва соляної кислоти саме систему SCADA.

У таблиці 3.1 перераховані за критеріями вибору найбільш популярні системи SCADA, що широко використовуються у світовій практиці.

Таблиця 3.1 – 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 3.1, найдешевшими системами SCADA є «Genie» виробництва «ADVANTECH» [26], «Citect 6» виробництва «Citect Pty. Ltd» [27] та «SIMATIC WinCC» виробництва «Siemens» [29] та. Враховуючи те, що інструментальну систему «SIMATIC WinCC» ми вивчали в рамках дисципліни «Проектування систем автоматизації», а я ще на практиці застосовував її у курсовому проєкті з цієї дисципліни, то вибираю саме цю систему для подальшого проєктування ПЗ АСУТП промислового зберігання буряка як обслуговуючого процесу цукрового виробництва.

3.2 Схема даних програмного забезпечення ПК оператора

Перед тим, як виконувати проєктування ПЗ за допомогою SCADA «SIMATIC WinCC», необхідно обумовити основні програмні процедури та послідовності програмної обробки даних, що буде виконувати це ПЗ у проєктованій АСУТП промислового зберігання буряка.

На рисунку 3.1 наведена розроблена схема даних ПЗ цієї АСУТП, яка показує джерела даних, їх місця розміщення у пам'яті комп'ютера операторської станції системи, а також процедури та результати обробки цих даних. Згідно до цієї схеми початкові дані надходять до програми через послідовний порт COM1 з модулів аналогового введення фізичних сигналів відповідних датчиків параметрів технічного процесу зберігання та поточних станів вентилів системи управління. Ці дані являють собою певні пакети, які необхідно попередньо обробити програмним шляхом, наприклад, визначити дійсні значення вимірюваних величин по їх вхідним апаратним кодам.

Окремі дані передбачені для формування звіту (наприклад, середня температура повітря всередині кожного кагату, середня вологість повітря всередині кожного кагату та інші). Виконується встановлена часова вибірка цих даних та їх зберігання у локальному історичному архіві. При необхідності оператор зможе сформулювати запит на огляд цього архіву у вигляді звіту на моніторі, або на виведення цього звіту на друк.

Основне призначення системи – автоматичний контроль основних параметрів технічного процесу зберігання та автоматизоване управління технічним процесом у разі порушення встановлених границь для його параметрів. Тому для параметрів технічного процесу оператор через клавіатуру встановлює границі їх контролю (мінімальна та максимальна). Над отриманими даними виконується програмна процедура перевірки на їх вихід за встановлені границі (наявність аварії). Будь-який факт аварії записується до файлу журналу аварій, який теж є локальним архівом. Крім запису до файлу кожна аварійна подія, що визначена системою, відображається на екрані монітору у вигляді технічної анімації, а також

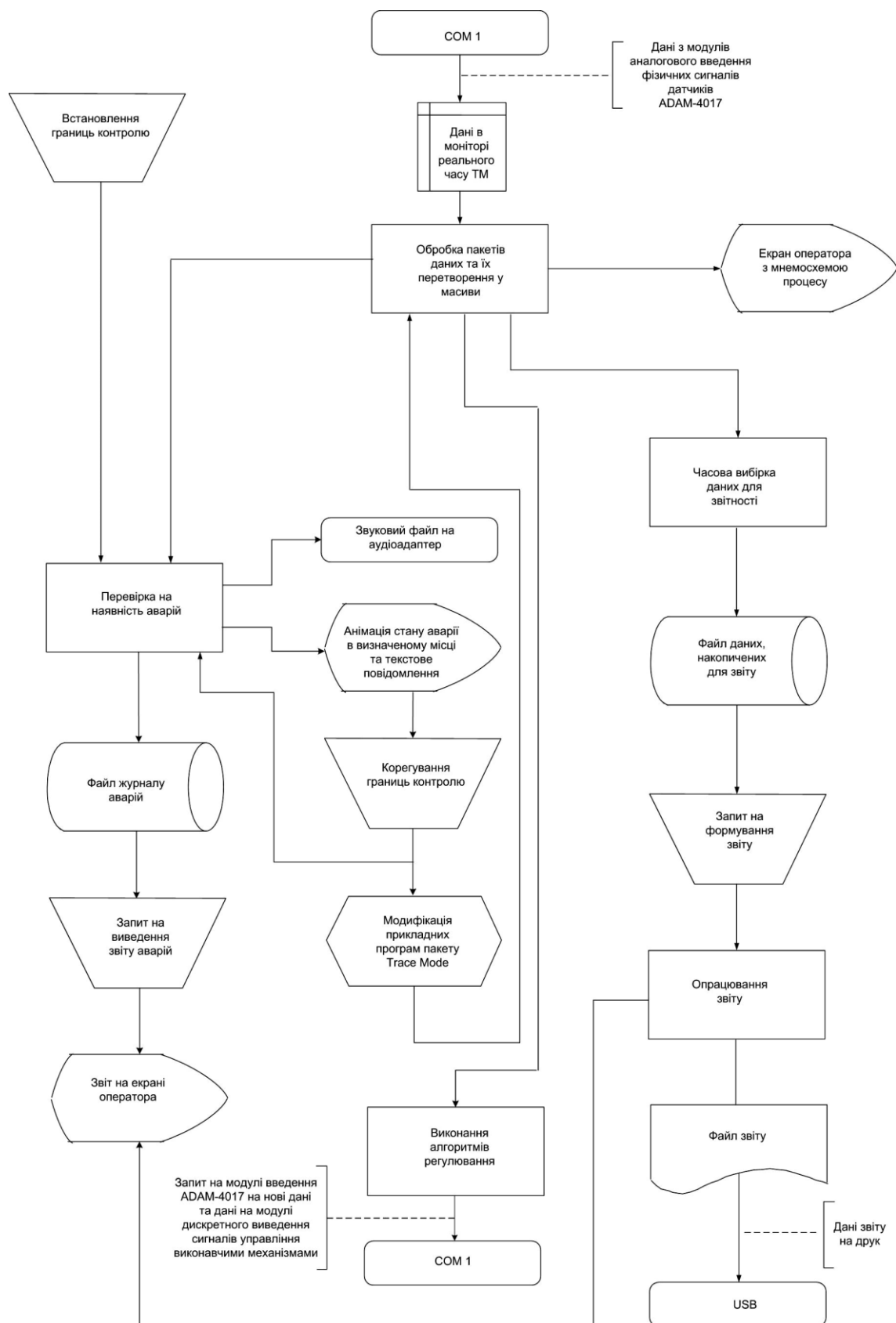


Рисунок 3.1 – Схема даних ПЗ комп'ютера оператора АСУТП

супроводжується виведенням на екран інформації про цю аварію з звуковим дублюванням.

Оператор через клавіатуру може викликати журнал аварій для огляду на моніторі, а також вносити корективи до роботи програмного забезпечення (встановлювати нові границі контролю, корегувати значення уставки та параметрів регуляторів). Система може виконувати і інші функції – розрахунки додаткових величин, статистичну обробку даних, підтримку зв'язку з системою управління верхнього рівня. Після виконання основних задач регулювання виконується процедура виведення сигналів управління через модулі дискретного виведення ADAM-4060 на виконавчі механізми системи. На цьому закінчується цикл обробки даних системою.

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

3.3 Архітектура програмного забезпечення ПК оператора

Розробка архітектури ПЗ в середовищі SCADA «SIMATIC 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;
- переліку усіх необхідних FBD-програм обробки інформації, що вбудовуються в ці канали.

Згідно з розробленою вище функціональною схемою автоматизації, структура проєктованої системи будується на основі однієї операторської станції та групи модулів віддаленого введення/ виведення сигналів серії ADAM-4000. З цих пристроїв тільки операторська станція може програмуватися засобами SCADA «SIMATIC WinCC» (TM). Модулі ADAM-4000 програмуються тільки через додаткові програми-утиліти, які постачаються разом з ними. Тому склад вузлів системи управління в редакторі бази каналів TM буде представлений тільки одним вузлом типу «великий MPB», що є операторською станцією з встановленим на ній монітором реального часу (MPB) системи TM. Назвемо цей вузол "DRIVER".

На рисунку 3.2 представлено вікно редактора бази каналів «Trace Mode», де міститься піктограма цього вузла.

Тепер можна представити архітектуру програмного забезпечення

вузла "DRIVER" у вигляді структури його об'єктів, які згідно з загальним підходом до програмування можна вважати програмними модулями.

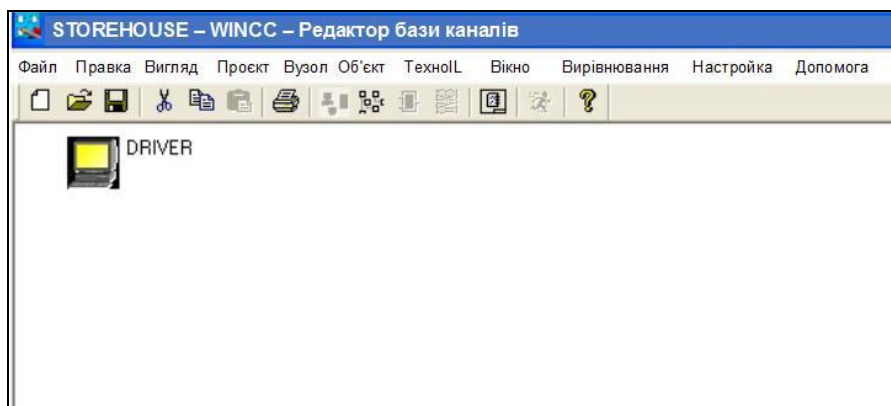


Рисунок 3.2 – Вікно редактора бази каналів з піктограмою вузла "DRIVER"

Об'єкти системи «SIMATIC WinCC» будуть охоплювати всі канали та FBD – програми, які необхідні для виконання функцій системи управління. Таке структурування полегшує як процес поступової розробки, так і процес налагодження програмного забезпечення.

У вікні об'єктів редактора бази каналів створюємо головний об'єкт "КАГАТ", який буде містити відповідне програмне забезпечення для регулювання температури та вологості в реальному кагаті сховища цукрового буряка. Крім того, створюємо об'єкт "Звітність", який буде містити програмне забезпечення для обробки інформації, яка призначена для формування звіту про роботу системи (наприклад, розрахунок усереднених значень фізичних величин, що входять до звіту).

В проєктованій системі введення та виведення здійснюється за допомогою модулів ADAM-4000. Для розроблюваного програмного забезпечення вони є або джерелами, або приймачами інформації. Тому їх теж потрібно відобразити в якості об'єктів проєктованого програмного забезпечення. Це робиться через процедуру настройки послідовних портів об'єкта "DRIVER" у діалоговому вікні «Параметри вузла» та через установку зв'язку через його послідовний інтерфейс. Таким чином можна підключити до вузла "DRIVER" три модуля аналогового введення ADAM-4017, та три модулі дискретного виведення ADAM-4060. Після підключення модулів піктограми їх об'єктів з'являються у вікні об'єктів редактора бази каналів SIMATIC WinCC. Назвемо ці об'єкти « ADAM-4017/1 <6> », « ADAM-4017/2 <6> », «ADAM-4017/3 <6>», «ADAM-4060/1 <1>», «ADAM-4060/2 <2>», «ADAM-4060/3 <2>». Ці об'єкти та об'єкт "ЗБІТ" підпорядковані головному об'єкту "КАГАТ". В результаті всіх цих дій отримую таку структуру об'єктів вузла "DRIVER", як подано на рисунку 3.3 .

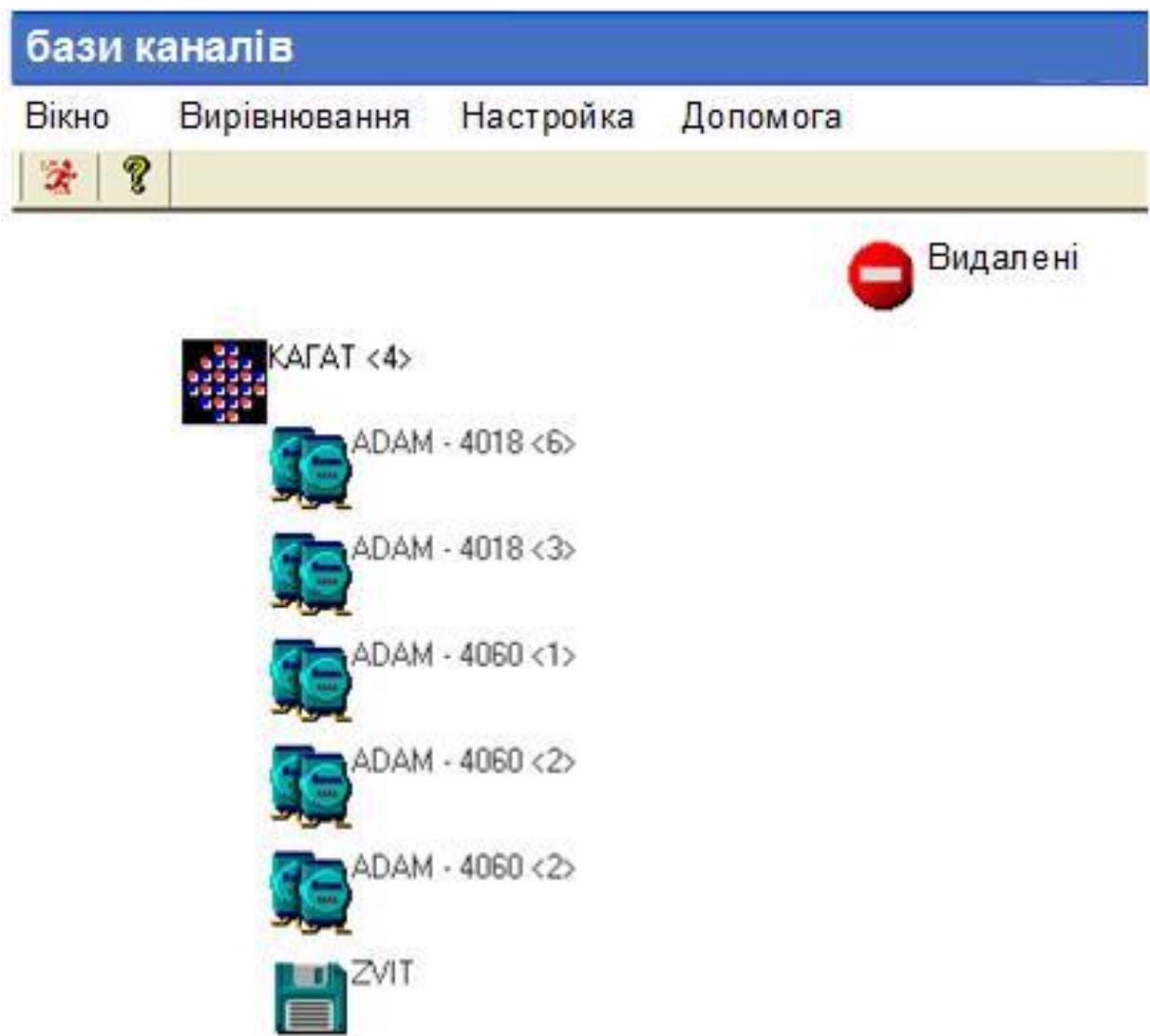


Рисунок 3.3 – Структура об'єктів вузла "DRIVER"

Після розробки структури об'єктів ПЗ можна визначитися з переліком усіх необхідних каналів та FBD-програм обробки інформації, які повинні входити до складу цих об'єктів.

Попередній перелік необхідних каналів (бази каналів) можна визначити за допомогою простого графічного способу, який показаний на рисунку 3.4. На ньому показані основні канали введення та виведення інформації, а також основні процедури програмної її обробки.

На рисунку у вигляді стрілок представлені канали передавання та обробки інформації, а у вигляді прямокутників – основні процедури програмного забезпечення. На стрілках, які відображають канали апаратного введення чи виведення сигналів, показані характеристики цих сигналів (форма сигналу та його діапазон).

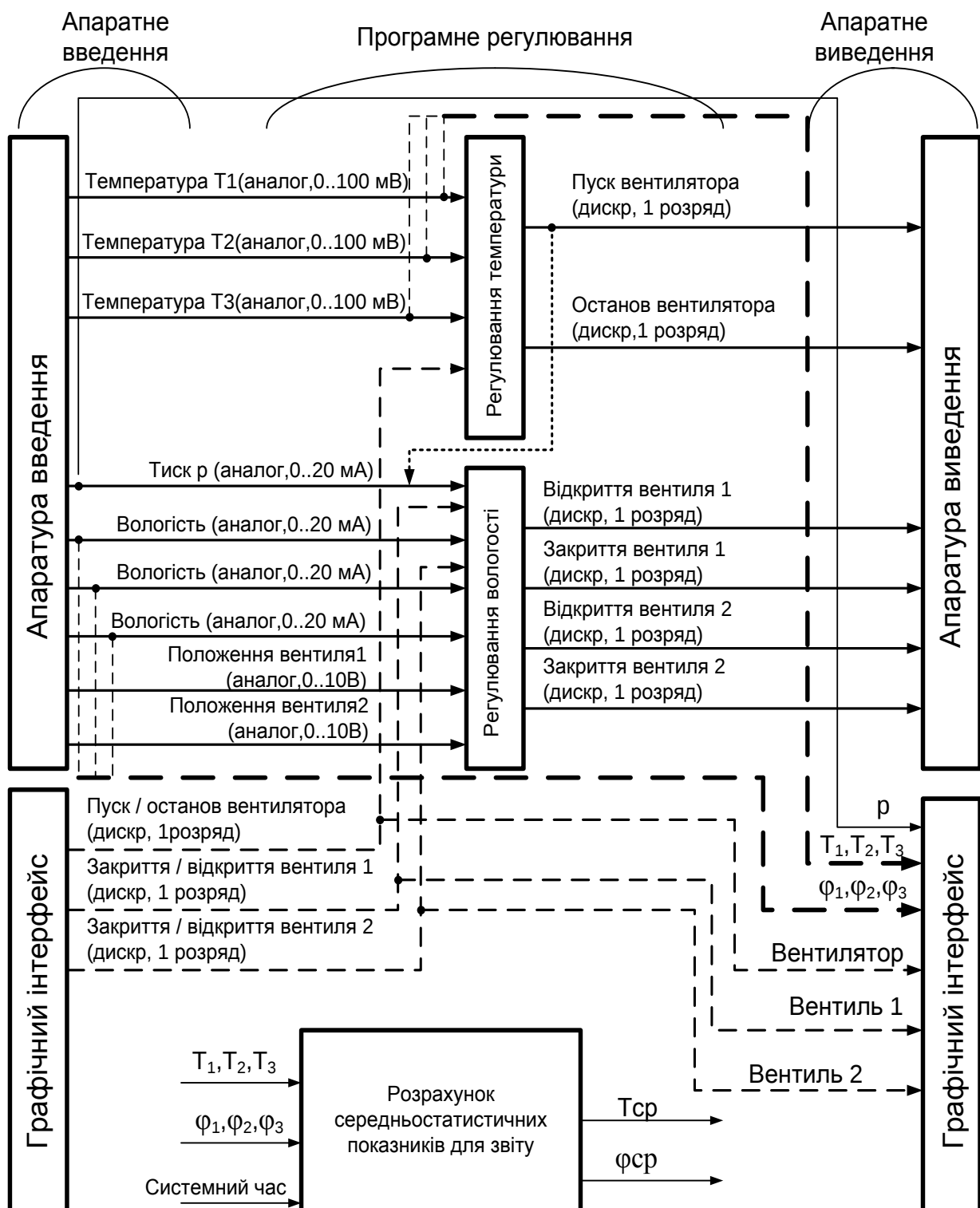


Рисунок 3.4 – Схема бази каналів та процедур проектного програмного забезпечення.

На стрілках, які відображають канали програмного введення чи

виведення інформації, також показана форма її представлення (дискретна чи безперервна). Рисунок 3.4 можна було б виконати більш детально, якщо замість стрілок канали Trace Mode відображати так, як показано на рисунку 3.5.

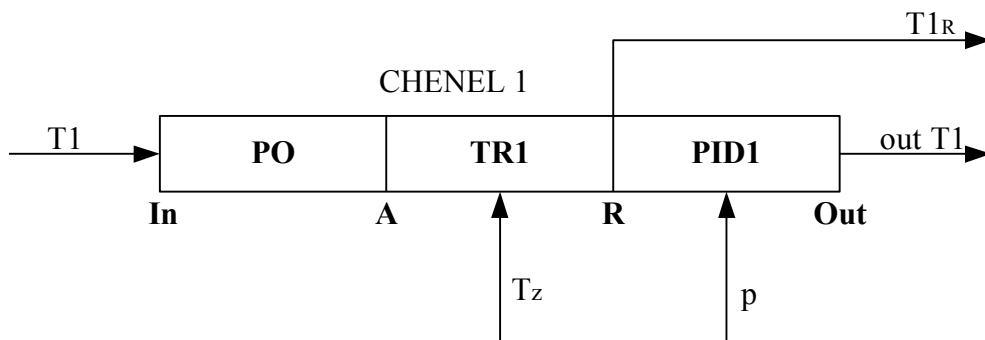


Рисунок 3.5 – Детальне відображення окремого каналу «SIMATIC WinCC»

На рисунку введені такі позначення:

- "CHENEL 1" – назва каналу;
- "In" – вхідне значення каналу;
- "A" – апаратне значення каналу;
- "R" – реальне значення каналу;
- "Out" – вихідне значення сигналу;
- "PO" – процедура первинної обробки в каналі (фільтрація, згладжування, відкидання аномальних значень чи накладання маски);
- "TR1" - ім'я необхідної процедури трансляції, вбудованої в цьому каналі;
- "PID1" - ім'я необхідної процедури управління, вбудованої в цьому каналі;
- "T1" – вхідний кодовий сигнал, що надходить з апаратури введення та відповідає вхідній величині, наприклад, температурі в n-ній точці кагату.
- "T1R" – розраховане процедурою трансляції реальне значення величини температури T1 ;
- "T1z" – значення допустимої величини розбіжності між величинами температури в n-ній точці кагату та температури оточуючого середовища;
- "Out T1" – значення керуючого сигналу, розрахованого процедурою "PID1" на основі реального значення "T1R" та значення додаткової величини "p", що надходить з іншого каналу.

Таке представлення дає більш детальне уявлення про побудову бази каналів проектного програмного забезпечення та їх взаємні зв'язки.

Після визначення загальної структури об'єктів та необхідного складу

їх каналів можна виконувати більш детальну розробку процедури програмного забезпечення. Назвемо її так: "CHECK" - процедура регулювання температури, "ZVIT" – процедура розрахунку узагальнених даних для звіту. Тепер можна виконувати більш детальну розробку процедур ПЗ, тобто окремих програмних модулів.

3.4 Проектування окремих програмних модулів

Програмні модулі (програмні процедури) будемо розробляти за допомогою вбудованої в систему «SIMATIC WinCC» мови програмування FBD. На основі рисунку 3.4 для регулювання температури та вологості в кагаті створимо в об'єктах ADAM-4017 такі канали аналогового введення сигналів датчиків:

- "CHENEL 1" - канал типу INPUT, формату F, підтипу ANALOG, атрибут – ADAM – 4017; в каналі відбувається процедура трансляції "TRENS_T1" для розрахунку реального значення T1 та процедура управління "CHECK_1" для реалізації ПІД – закону регулювання температури;
- "CHENEL 2" - канал типу INPUT, формату F, підтипу ANALOG, атрибут – ADAM – 4017; в каналі відбувається процедура трансляції "TRENS_T2" для розрахунку реального значення T2 та процедура управління "CHECK_1" для реалізації ПІД – закону регулювання температури;
- "CHENEL 3" - канал типу INPUT, формату F, підтипу ANALOG, атрибут – ADAM – 4017; в каналі відбувається процедура трансляції TRENS_T3 для розрахунку реального значення T3 та процедура управління "CHECK_1" для реалізації ПІД – закону регулювання температури;
- "CHENEL 4" - канал типу INPUT, формату F, підтипу ANALOG, атрибут – ADAM – 4017; в каналі відбувається процедура трансляції "TRENS_M1" для розрахунку реального значення вологості M1 та процедура управління "CHECK_2" для реалізації ПІД – закону регулювання вологості;
- "CHENEL 5" - канал типу INPUT, формату F, підтипу ANALOG, атрибут – ADAM – 4017; в каналі відбувається процедура трансляції "TRENS_M2" для розрахунку реального значення вологості M2 та процедура управління "CHECK_2" для реалізації ПІД – закону регулювання вологості;
- "CHENEL 6" - канал типу INPUT, формату F, підтипу ANALOG, атрибут – ADAM – 4017; в каналі відбувається процедура трансляції "TRENS_M3" для розрахунку реального значення вологості M3 та процедура управління "CHECK_2" для реалізації ПІД – закону регулювання вологості;

Для отримання інформації про роботу вентилятора та положення вентилів створюємо в об'єктах ADAM-4017 такі три канали:

- "Pressure" – канал типу INPUT, формату F, підтипу ANALOG, атрибути - "ADAM-4017"; в канал вбудована процедура трансляції "TRANS_P" для розрахунку реального значення величини тиску (напору) p;

- "Status_V1" – для введення сигналу з датчика положення виконавчого механізму вентиля 1: тип INPUT, формат F, підтип ANALOG, атрибут "ADAM 4017"; процедура трансляції "TRANS_V1";

- "Status_V2" – для введення сигналу з датчика положення виконавчого механізму вентиля 2: тип INPUT, формат F, підтип ANALOG, атрибут "ADAM 4017"; процедура трансляції "TRANS_V2";

В об'єкті ADAM-4060/1 <1> створюю один канал для керування апаратурою пуску вентилятора:

- "Cooler_ON" - канал для виведення сигналу пуску вентилятору: тип OUTPUT, формат H, підтип DIGITAL, атрибут "ADAM-4060", накладання маски на 1-й розряд коду, що виводиться;

В об'єкті ADAM-4060/2 <2> створюю два канали для дискретного управління вентилям 1:

- "V1_ON" - канал для виведення сигналу відкриття вентиля 1: тип OUTPUT, формат H, підтип DIGITAL, атрибут "ADAM-4060", накладання маски на 1-й розряд коду, що виводиться;

- "V1_OFF" - канал для виведення сигналу закриття вентиля 1: тип OUTPUT, формат H, підтип DIGITAL, атрибут "ADAM-4060", накладання маски на 1-й розряд коду, що виводиться;

В об'єкті ADAM-4060/3 <2> створюю два канали для дискретного управління вентилями 2 :

- "V2_ON" - канал для виведення сигналу відкриття вентиля 2: тип OUTPUT, формат H, підтип DIGITAL, атрибут "ADAM-4060", накладання маски на 1-й розряд коду, що виводиться;

- "V2_OFF" - канал для виведення сигналу закриття вентиля 2: тип OUTPUT, формат H, підтип DIGITAL, атрибут "ADAM-4060", накладання маски на 1-й розряд коду, що виводиться;

Крім того в об'єкті "КАГАТ" створюємо чотири канали, не пов'язані з апаратурою управління: два для отримання інформації від графічного інтерфейсу і два резервних :

- "CONTROL_V1" – канал для виведення сигналу управління вентилями 1 з графічного інтерфейсу: тип OUTPUT, формат H, підтип VALID; накладання маски на 1-й розряд коду, що виводиться;

- "CONTROL_Cooler" – канал для виведення сигналу управління вентилятором з графічного інтерфейсу: тип OUTPUT, формат H, підтип VALID; накладання маски на 1-й розряд коду, що виводиться;

Тепер розглянемо розробку окремих процедур, перелічених вище. Їх будемо розробляти за допомогою вбудованої в систему «SIMATIC WinCC» мови програмування FBD.

Розробляю процедуру трансляції "TRENS_T1" апаратного значення каналу "CHENEL 1" у реальне значення температури "T1R". Вона буде полягати у множенні десяткового значення вхідного коду модуля аналогового введення "T1" на постійний коефіцієнт трансляції *k_{транс}*.

Виконуємо розрахунок цього коефіцієнту. Вихідний код АЦП модуля ADAM-4018 має 16 розрядів. При цьому старший розряд використовується для відображення знаку вхідної напруги. Тоді максимальне десяткове значення коду $N_{\max}$ буде дорівнювати 2^{15} . Сигнал датчика температури змінюється від 0 до 100 мВ, при вимірюванні температури від -10 до +170 °С. Таким чином коефіцієнт перетворення датчика:

$$k = \frac{100}{180} = 0.56 (mV/^\circ C).$$

Задаємо за допомогою відповідного 16-річного коду для каналу модуля ADAM-4017, через який буде вводиться сигнал датчика, діапазон вхідного сигналу ± 100 мВ. Тоді реальне значення температури T_1 по вхідному коду "T1R" буде розраховуватись так :

$$T_1 = 0.0053 \cdot T_{1R} \quad [\text{град.}^\circ\text{C}], \quad (3.1)$$

де T_1 – реальне значення температури;

T_{1R} – десяткове значення цифрового коду "T1R";
тобто коефіцієнт трансляції $k_{\text{транс}}$ дорівнює 0,0053.

Обчислювальна модель процедури "TRANS_T1" зображена на рисунку 3.6.

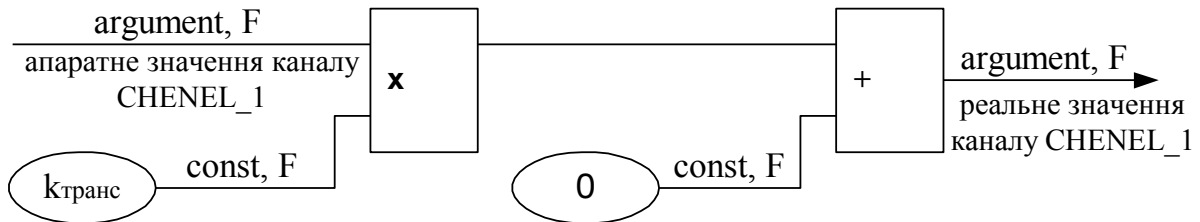


Рисунок 3.6 – Обчислювальна модель процедури "TRANS_T1"

З рисунку видно, що апаратне значення каналу "CHENEL 1" спочатку потрібно помножити на визначений коефіцієнт $k_{\text{транс}}$, а потім додати значення зони нечутливості приладу. В результаті отримаємо реальне значення температури T_1 , яке автоматично запишеться у реальне значення цього каналу. На рисунку також показані атрибути входів та виходів алгоритмічних блоків, що виконують елементарні математичні операції. Ці ж атрибути треба буде задавати при розробці FBD – програми процедури "TRANS_T1".

На рисунку 3.7 наведене зображення FBD-програми "TRANS_T1", що розроблено в FBD-редакторі системи «SIMATIC WinCC». На рисунку

овалами з текстом показані коментарі до входів та виходів алгоритмічних блоків, які можна застосовувати у реальному FBD- редакторі системи «SIMATIC WinCC». Числові ж значення цих входів та виходів формуються програмним шляхом. Наприклад, апаратне значення температури передається до цієї процедури шляхом зв'язування входу процедури NT1, який має атрибут *argument* у форматі F дійсного числа з плаваючою коміркою, з апаратним значенням каналу "CHENEL 1". На вході процедури "K_{TRANS}", який має атрибут "Const" в форматі F, постійний коефіцієнт 0,0053 задається через спеціальну інструментальну панель FBD – редактора. Аналогічно на вхід "0" процедури вводиться число 0. Вихід процедури "T1", який має атрибут "argument", у форматі F, зв'язується з реальним значенням каналу "CHENEL 1", де воно і буде зберігатися до нового циклу перерахування каналу.

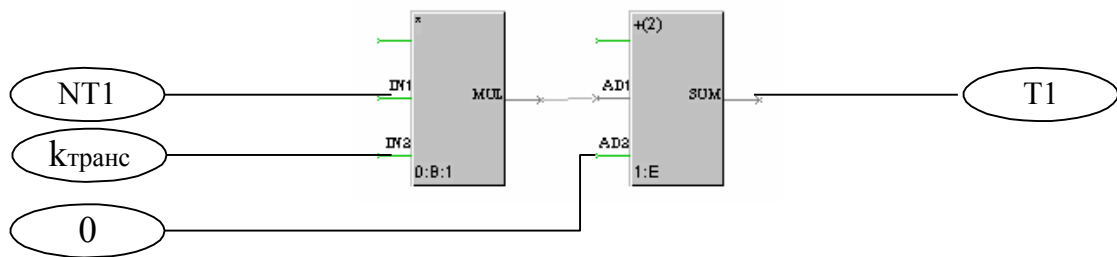


Рисунок 3.7 – FBD процедура "TRANS_T1"

В каналах "CHENEL 2" та "CHENEL 3" використовується та ж сама процедура трансляції "TRANS_T1".

Для каналів "CHENEL 4", "CHENEL 5", "CHENEL 6" розробляємо процедуру трансляції "TRENS_M1" для трансляції апаратного значення каналу в реальне значення величини вологості "M1R". Вона буде полягати у множенні десяткового значення вхідного коду модуля аналогового введення "M1" на постійний коефіцієнт трансляції $k_{\text{транс}}$. Виконуємо розрахунок цього коефіцієнту. Вихідний код АЦП модуля ADAM-4018 має 16 розрядів. При цьому старший розряд використовується для відображення знаку вхідної напруги. Тоді максимальне десяткове значення коду N_{max} буде дорівнювати 2^{15} . Сигнал датчика вологості змінюється від 4 до 20 мА при вимірюванні вологості середовища від 4 до 100% . Таким чином коефіцієнт перетворення датчика буде розраховуватись за формулою (3.1)

$$k = \frac{20 - 4}{100 - 4} = 0.21 \left(\frac{\text{mA}}{\%} \right).$$

Задаємо за допомогою відповідного 16-річного коду для каналу модуля ADAM-4017 , через який буде вводиться сигнал датчика вологості, діапазон вхідного сигналу ± 20 мА. Тоді реальне значення вологості M_1 по вхідному коду "M1R" буде розраховуватись так:

$$M_1 = 0.0029 \cdot M_{1R} [\%], \quad (3.2)$$

де M_1 – реальне значення вологості;

M_{1R} – десяткове значення цифрового коду "M1R";
тобто коефіцієнт трансляції $k_{\text{транс}}$ дорівнює 0,0029.

Обчислювальна модель процедури "TRENС_M1" показана нижче на рисунку 3.8.

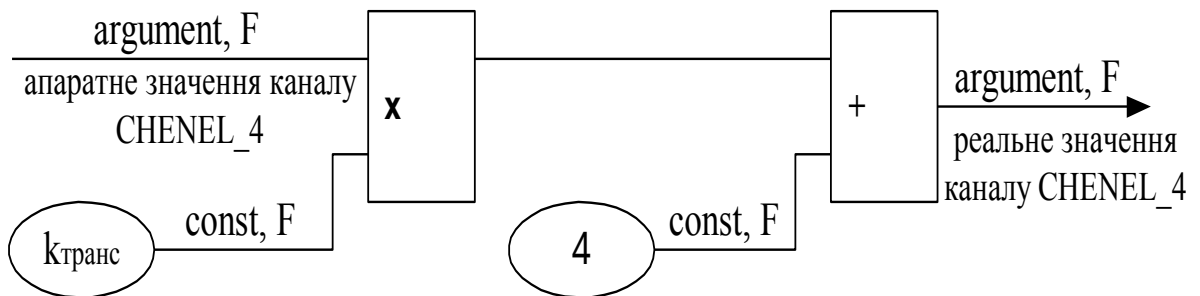


Рисунок 3.8 – Обчислювальна модель процедури "TRANS_M1"

З рисунку видно, що апаратне значення каналу "CHENEL 4" спочатку потрібно помножити на визначений коефіцієнт $k_{\text{транс}}$, а потім додати значення зони нечутливості приладу (4 %). В результаті отримаємо реальне значення вологості M_1 , яке автоматично запишеться у реальне значення цього каналу. На рисунку також показані атрибути входів та виходів алгоритмічних блоків, що виконують елементарні математичні операції. Відповідно рисунку 3.8 FBD - процедура у вікні редактора матиме вигляд як на рисунку 3.9.

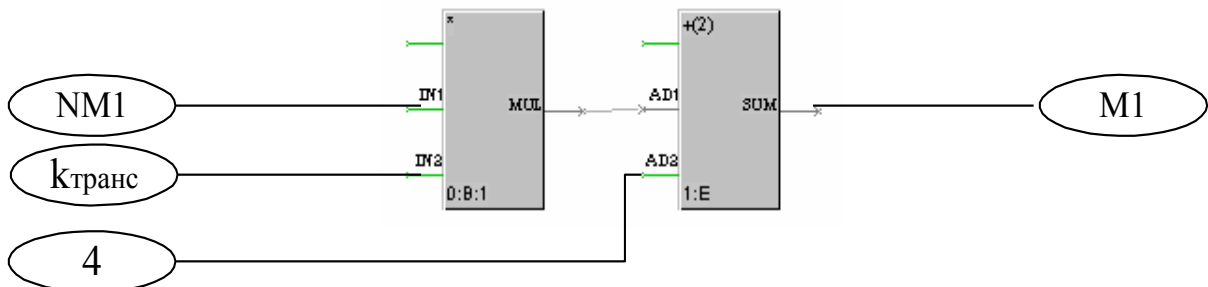


Рисунок 3.9 – FBD процедура "TRANS_M1"

Далі таким самим чином розробляю процедуру трансляції "TRENS_P" для каналу "Pressure", щоб транслювати апаратне значення каналу у реальна значення тиску (напору повітря). Сигнал перетворювача тиску змінюється від 4 до 20 мА при вимірюванні тиску від 0,3 до 1,5 МПа.

Таким чином коефіцієнт перетворення датчика тиску повітря:

$$k = \frac{20 - 4}{1500 - 300} = 0.2(mA/KPa).$$

Тоді реальне значення тиску P по вхідному коду "PR" буде розраховуватись так :

$$P = 0.0031 \cdot P_R \text{ [кПа]}, \quad (3.3)$$

де P – реальне значення тиску;

P_R – десяткове значення цифрового коду "PR";
тобто коефіцієнт трансляції $k_{\text{транс}}$ дорівнює 0,0031.

Розробляю процедуру "TRANS_V1" для трансляції апаратного значення каналів "Status_V1" та "Status_V2" відповідно. Сигнал положення вентилів змінюється від 0 до 625 мВ при робочому ході вентилів від 0 до 225мм та від 0 до 110мм відповідно. Тоді коефіцієнти перетворення датчика положення :

$$k_1 = \frac{625}{225} = 2.78(mB/mm),$$

$$k_2 = \frac{625}{110} = 5.68(mB/mm),$$

відповідно, реальне значення ходу вентилів V1 та V2 буде розраховуватись:

$$\begin{cases} V_1 = 0.0069 \cdot V_{1R} \text{ [мм]}, \\ V_2 = 0.0034 \cdot V_{2R} \text{ [мм]}, \end{cases} \quad (3.4)$$

де V_1, V_2 – реальні значення ходу вентилів 1 та 2;

V_{1R}, V_{2R} – десяткові значення цифрових кодів "V1R" та "V2R";
тобто коефіцієнти трансляції дорівнюють 0,0069 та 0,0034.

Аналогічно розробляються процедури трансляції і для модулів релейного виведення ADAM-4060/1, ADAM-4060/2, ADAM-4060/3.

Розробимо процедуру "CHECK_2" для реалізації регулювання

вологості по PID-закону, яка вбудовується в канали "CHENEL 4", "CHENEL 5", "CHENEL 6" об'єктів ADAM-4017. Обчислювальна модель цієї процедури представлена на рисунку 3.10.

Блок 1 виконує розрахунок похибки регулювання вологості ΔM шляхом віднімання від реального значення вологості в точці кагату заданої вологості. Блок 3 утворює зону нечутливості на вході регулятора 4, запобігаючи смиканню виконавчого механізму при малих значеннях похибки регулювання. Блок 4 виконує ПІД – закон регулювання вологості, коефіцієнти якого задаються ззовні (K_p , K_{int} , K_{dif}). Блок 5 перераховує переміщення вентилі 1 відносно його положення. Блок 8 створює зону нечутливості для малих значень похибки регулювання. Блок 7 порівнює завдання регулятора з реальним положенням вентилі.

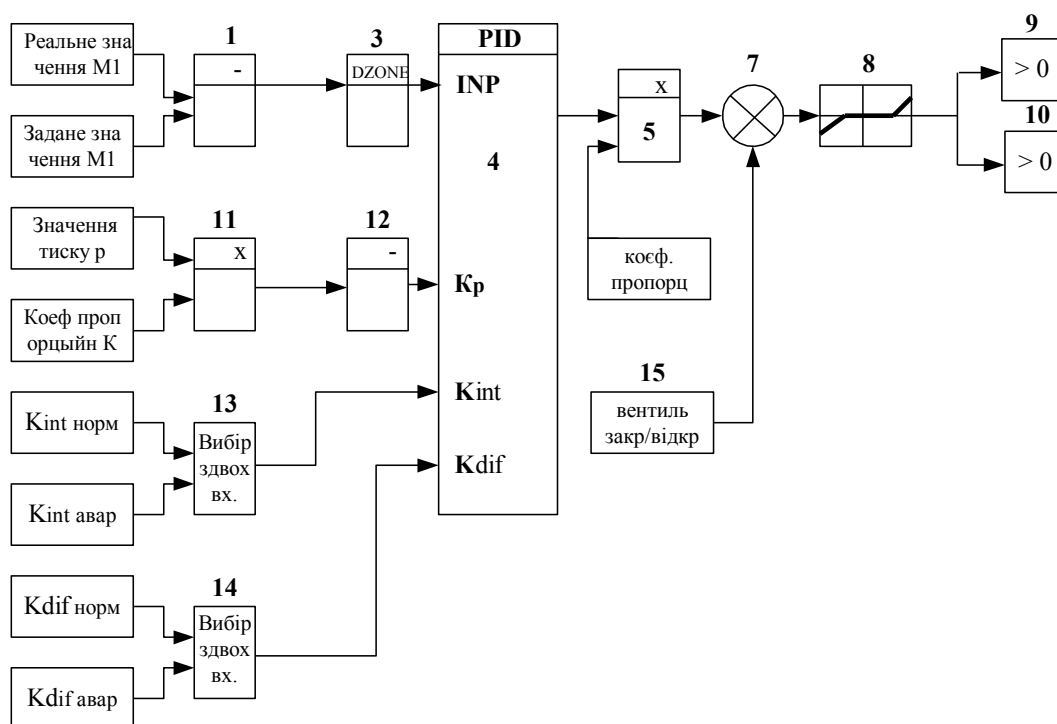


Рисунок 3.10 – Обчислювальна модель процедури "CHECK_2"

Блоки 9 та 10 створюють аналоговий вихідний сигнал на вході апаратури регулювання вентилі, формуючи завдання на відкриття чи закриття вентилі 1.

Блоки 11 та 12 розраховують значення коефіцієнта корекції ПІД-регулятора в залежності від роботи вентилятора. Блоки 13 та 14 вибирають або нормальне, або аварійне значення інтегрального та диференційного коефіцієнтів регулювання.

Використовуючи обчислювальну модель на рисунку 3.10, можна в FBD - редакторі Trace Mode розробити відповідну програму "CHECK_2". Вона представлена на рисунку 3.11.

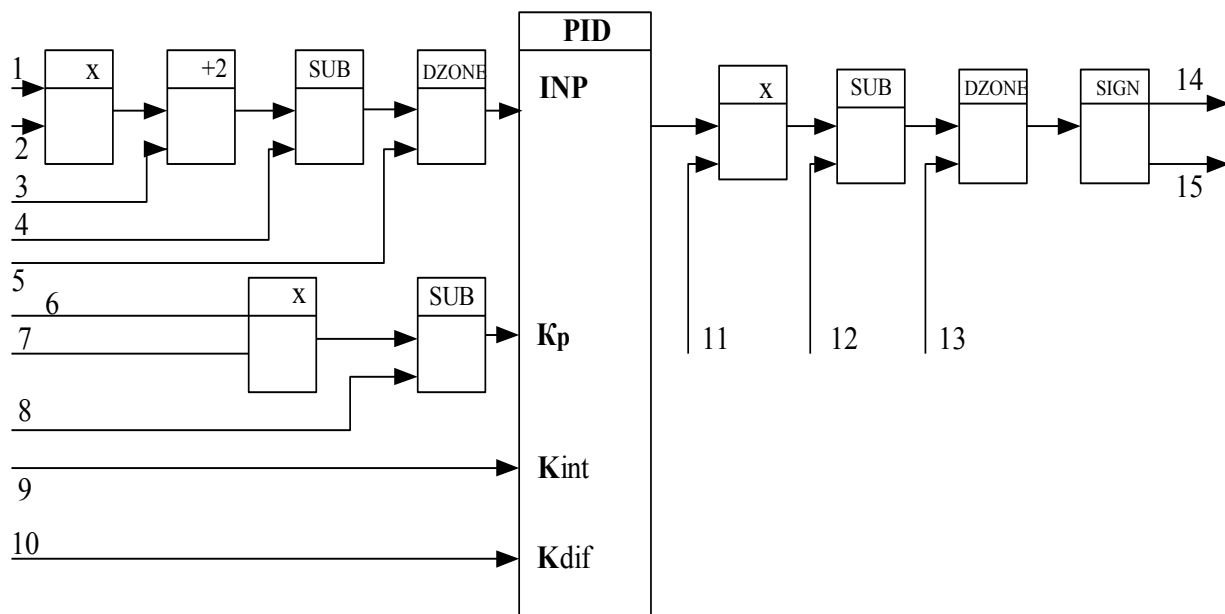


Рисунок 3.11 - схема FBD – процедури "CHECK_2"

На ній позначені такі входи та виходи програми:

- «1» - вхід підключається до модулю ADAM – 4017/1;
- «2» - коефіцієнт трансляції, має значення 0,0029;
- «3» - зона нечутливості, має значення 4;
- «4» - ширину зони нечутливості, вибираємо 0,9;
- «5» - вхід підключається до каналу "Pressure"
- «6» - коефіцієнт трансляції, має значення 0,0031;
- «7» - зона нечутливості приладу, має значення 0,9 КПа;
- «8» - вводиться значення інтегрального коефіцієнту;
- «9» - вводиться значення диференційного коефіцієнту;
- «10» - коефіцієнт трансляції, має значення 0,0034;
- «11» - підключити до каналу "Status_V1";
- «12» – номінальне положення вентиля (0, закритий);
- «13» – зона нечутливості, вибираємо 0,05 (відносний хід регулюючого органу);
- «14» – вихід підключається до каналу "V1_ON" ;
- «15» – вихід підключити до каналу "V1_OFF".

Графічний лістинг процедури "CHECK_2", розроблений у вікні редактора FBD програми, представлено в додатку В.

3.5 Проектування графічного ЛМІ оператора

Розробка графічного ЛМІ оператора АСУТП здійснюється в редакторі представлення даних SCADA «SIMATIC WinCC», куди завантажується проєкт, створений в редакторі бази каналів. Після завантаження проєкту

створюємо екран представлення даних. Нехай він буде входити до групи "МНЕМОСХЕМИ", група створюється для перспективи розширення проекту. Після того, як буде створено декілька вікон, оператор зможе переключатись між ними для зручного керування об'єктом. У групі "МНЕМОСХЕМИ" створюємо екран "КАГАТ БУРЯКА_1". Після цих операцій вікно редактора представлення даних буде виглядати так, як показано на рисунку 3.12.

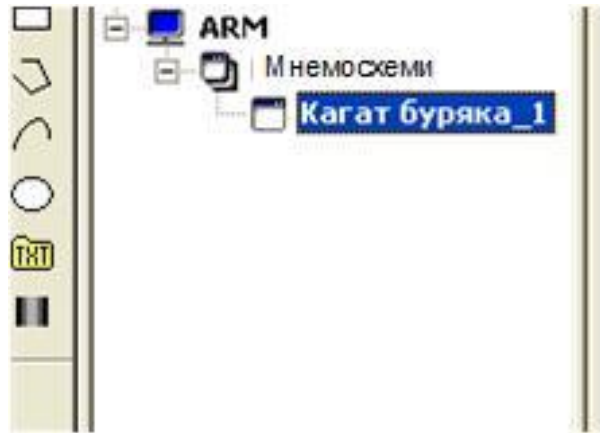


Рисунок 3.12 – Вікно редактора представлення даних

Далі необхідно налаштувати вигляд оформлення екранів. Це робиться через бланк "Екрани", меню "Атрибути", де вибирається текстура шпалер та зберігаються налаштування. Створення графічних елементів представлення починається з об'ємних елементів, які знаходяться в палітрі елементів малювання. Спочатку створюємо об'єкт "кагат" у вигляді об'ємної трапеції, через налаштування її атрибутів вибираємо колір розташування та розміщуємо її на екрані. Наступним етапом створюємо рамки для приладів для відображення параметрів температури та вологості в трьох точках кагату (T1, T2, T3, M1, M2, M3). Створюємо таким же чином і інші статичні елементи представлення: вентилятор, головний водовід з центральним вентилям V_1, трубопровід відгалуження до кагату з вентилям V_2 і його механізми управління, та ділянку розпилення води на кагат для зволоження буряка.

Після створення та налаштування всіх статичних елементів переходимо до динамічних елементів представлення. Сюди входять три індикатори відображення температури в відповідних точках кагату та три індикатори відображення вологості у тих же точках. Для кожного індикатора з'являється діалогове вікно настройки атрибутів, де налаштовуємо колір фону, колір шрифту, його розмір та інше, а далі пов'язуємо кожен індикатор з відповідними реальними значеннями каналів. Тобто, індикатор "Температура T1" з каналом "CHENEL 1", індикатор "Температура T2" з каналом "CHENEL 2", індикатор "Температура T3" з каналом "CHENEL 3", індикатор Вологість M1" з каналом "CHENEL 4", індикатор "Вологість M2" з

каналом "CHENEL 5", індикатор "Вологість М3" з каналом "CHENEL 6". Наступні динамічні елементи є кнопки управління вентилями V_1, V_2 та пуском вентилятора. Виводимо та розташовуємо кнопки на потрібних місцях, а також міняємо надписи на них на потрібні. Все це робиться через форму настройки атрибутів. На останньому етапі зв'язуємо кнопки з відповідними каналами: для пуску вентилятору кнопку "ПУСК" з каналом "Cooler", для управління вентилем V_1 кнопки "Відкрити / закрити" - з каналами "V1_ON" та "V1_OFF", для управління вентилем V_2 кнопки "Відкрити / закрити" - з каналами "V2_ON" та "V2_OFF", а для відображення положення вентиля, зв'язуємо індикатор положення "відкрито / закрито" з каналом "Status_V2".

Основний екран графічного ЛМІ оператора наведений в додатку Г.

3.6 Програмне забезпечення для формування звітності

Для налаштування збереження значень каналів вузла "DRIVER" для звіту потрібно скористатися технологією СПАД.

Для автоматичного формування звіту (відповідно до рисунку 3.5) потрібно розробити програмний блок, що отримує на вхід значення температур T та вологості φ , а також значення системного часу t, а на виході формує середнє значення температури та вологості протягом зміни. Також налаштовуємо звіт тривоги. Значення температури та вологості отримуємо по каналам "CHENEL 1", "CHENEL 2", "CHENEL 3", "CHENEL 4", "CHENEL 5", "CHENEL 6" модулів ADAM - 4017, а системний час по каналу "Wli-rtm33-0001". Значення температури та вологості поновлюються кожну хвилину.

Тому середнє значення температури та вологості розраховується так:

$$T_{cp} = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_n}{480} \text{ [град. C}^\circ\text{]}, \quad (3.5)$$

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n}{480} \text{ [%]}. \quad (3.6)$$

Схематично структура нового блоку показана на рисунку 3.13.

Для налаштування каналу "Wli-rtm33-0001" для СПАД архівування потрібно увійти до списку каналів об'єкту "БАЗА" та, знайшовши даний канал, увійти у вікно налаштування його реквізитів та поставити прапорці у потрібних місцях.

Для каналів, контролюючих аналогові параметри, можна набудувати

вісім повідомлень. Серед них: повідомлення про регламентне порушення, шість повідомлень про порушення границь і повідомлення про невірогідність даних. Для каналів, контролюючих дискретні параметри, можна задати по два повідомлення на кожний сигнал.

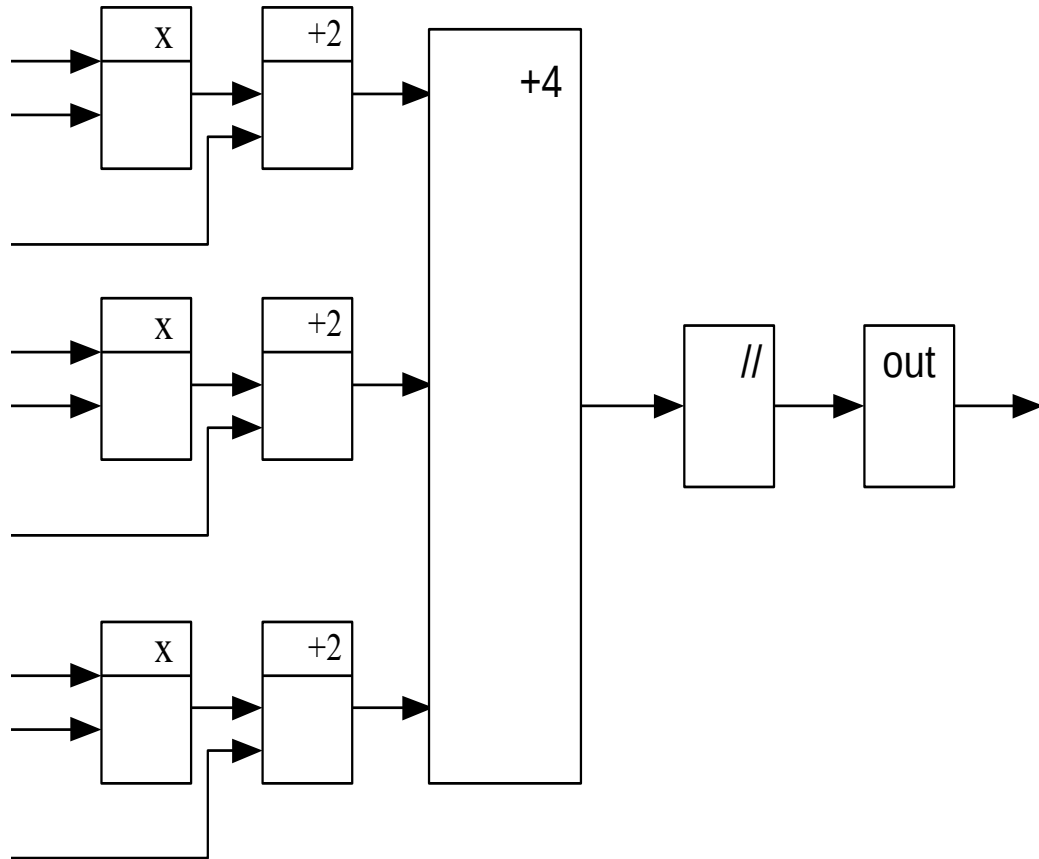


Рисунок 3.13 – Структура програмного блоку формування звіту

Крім установки прапорів для каналів необхідно вказати параметри відповідних архівів, які вестиме вузол “DRIVER”. Ця параметри налаштовуються в бланку «Архівація» діалогу «Параметри вузла».

3.7 Розробка ПЗ Web-сайту системи управління

Створимо сторінку графічного представлення інтерфейсу оператора з редактора представлення даних у код HTML . Для створення сторінки Web-сайту використовуємо редактор HTML коду HomeSite 4.5 та графічний редактор TopStyle 1.5.

HTML код сторінки графічного інтерфейсу оператора наведений у

додатку Д.

У відповідній директорії комп'ютера зберігаються рисунки, створені для розміщення на сайті. Далі потрібно створити директорію ресурсів. У створену директорію ресурсів потрібно експортувати з редактора представлення даних графічну базу вузла у форматі xml і створити в цій директорії HTML-файл, що містить тегі для відображення графічної бази в Web-браузері. Для цього потрібно завантажити проект з редактора в бланк "Екрани" навігатора проекту, натискувати ПК на імені вузла (DRIVER), встановити курсор на команді "Експорт" і з контекстного меню, що відкрилося, виконати команду "Для Web-активатора".

На екрані з'явиться діалог збереження файлу у форматі xml. В цьому діалозі задамо для файлу ім'я "charge.xml", виберемо для його розміщення створену директорію ресурсів і натискаємо на кнопку "Зберегти". У подальших діалогах установки параметрів експорту графічної бази вузла "Якість збереження зображень", "Архівація JPG файлів", "Розміщення JPG файлів" збережемо настройки, задані за замовчуванням.

Висновки

В результаті виконання даної бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту була розроблена на основі рекомендацій діючих стандартів концепція функціональної структури нової інтегрованої системи управління для промислового зберігання буряка як обслуговуючого процесу цукрового виробництва. Ця система у порівнянні з існуючими аналогічними системами дозволяє не тільки управляти технічним процесом, але і виконувати окрему функцію управління всім виробничим процесом в цілому.

В рамках такої системи, використовуючи інструментальну систему SCADA «SIMATIC WinCC», була спроектована автоматизована система управління технічним процесом (АСУТП) зберігання буряка. Для цього був проведений аналіз технічного процесу як об'єкту автоматизованого управління, зроблений обґрунтований вибір програмно-апаратних засобів автоматизації, розроблені електрична структурна схема АСУТП та її функціональна схема автоматизації, а також спроектовані окремі програмні модулі ПЗ системи та графічний ЛМІ для ПК оператора.

Для утворення розробленої структури АСУТП були застосовані модулі віддаленого введення/виведення фірми «Advantech».

Література

1. Olsson, G., Piany, J.. Computer systems for automation and control [Електронний ресурс] / URL : <http://www.philadelphia.edu.jo/newlibrary/pdf/file095f62f119bb471591fd8f273ac06353.pdf>.
2. Комплексна автоматизація технологічних процесів [Електронний ресурс] / URL : <https://extremeltd.ua/solutions/industrial-automation/>.
3. Кравець Ю.О., Папінов В.М. Інтегрована система управління для промислового зберігання буряка (концептуальне рішення)/ Матеріали LIV НТК підрозділів Вінницького національного технічного університету (Вінниця, ВНТУ, 24-27 червня 2025 року) [Електронний ресурс] / URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2025/paper/view/24233/20006>.
4. Технологія виробництва цукру з цукрових буряків [Електронний ресурс] / URL : <http://referat.niv.ua/referat/023/02300003.htm>.
5. Рудако В.О., Морозов Д.О., Володимиров Л.М., Сєдих А.М., Використання біологічного методу для підвищення збереження коренеплодів у кагатах [Електронний ресурс] / URL : <http://centert.ua/articles/23>.
6. Лепетило Н.М., Лук'янюк Н.А. Рекомендації щодо організації зберігання цукрових буряків на середні та тривалі терміни [Електронний ресурс] / URL : http://mshp.kyiv.ua/arekomendacii/saxap_svek/2009/rekom-chraneniy-2009.htm.
7. Теоретичне обґрунтування методу та основні положення технології зберігання картоплі та овочів з активним вентиляванням [Електронний ресурс] / URL : <http://agrikulture.ua/type/ventilation1.html>.
8. Системи вентиляції та клімат контролю для овочесховища, картоплесховища та зерносховища [Електронний ресурс] / URL : <http://www.agrohran.ua/>.
9. ABONO – централізоване управління технікою овочесховища. Автоматизація овочесховища "START CONTROL"[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.abono.ua/product/start-kontrol/>.
10. Волошин З.С., Макаренко Л.П., Яцковський П.В. Автоматизація цукрового виробництва. – К.: Агропромвидав, 1990. – 380 с.
11. Комп'ютерна автоматизація цукробурякових заводів (сайт холдингу ТОВ "Кред") [Електронний ресурс] / URL : <http://www.citynet.odessa.ua/sugar/>.
12. Сайт фірми ТМА – Content. Напрямок діяльності [Електронний ресурс] / URL : <http://www.tma.ua/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=2>.
13. Яковлев О. Системи автоматизації технологічних процесів цукрового виробництва/ Яковлев О., Танцюра С., Войтюк О., Рудаков Ю., Латишев С., Волков В., Рак М., Круглий Н.// Сучасні технології автоматизації. – 2000. - №1. – С.44-53.

- 14.Корпорація "СКІФ" (автоматизація цукробурякового виробництва, ваговимірювальних комплексів, систем безпеки та доступу на об'єкт) [Електронний ресурс] / URL : http://www.skifcorp.com.ua/index.php?l=_r.
- 15.Система автоматизованого приймання буряків "СКІФ-БУРЯК" [Електронний ресурс] / URL : http://www.skifcorp.com.ua/article.php?id=39&l=_r.
- 16.Інформаційно-аналітична система управління цукровим виробництвом на базі рішень "Proficy" компанії "GE Fanuc" (Відкрите Акціонерне Товариство «Червонський цукровик», Україна) [Електронний ресурс] / URL : <http://www.indusoft.com.ua/articles.php?id=335>.
- 17.Автоматизація виробництва : Sigma Engineering [Електронний ресурс] / URL : <https://sigmaengineering.ua/Послуги/avtomatizatsiya-virobnitstva/>.
- 18.Автоматизація виробництва в промисловості : Призма Енерджи Груп [Електронний ресурс] / URL : <https://prisma-group.com.ua/uk/route/avtomatizacziya-ukr/>.
- 19.Пупена О., Ельперін І., Міркевич Р. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - Т.8. - №3. – 2016.
- 20.ISA-88/95/106 в Україні [Електронний ресурс] / URL : <https://sites.google.com/site/isa88inua/home>.
- 21.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.
- 22.MESA Model: A Framework for Smarter Manufacturing [Електронний ресурс] / URL : <https://mesa.org/topics-resources/mesa-model/>.
- 23.Shraddha Kakade. Manufacturing execution system (MES) [Електронний ресурс] / URL : <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/manufacturing-execution-system-MES>.
- 24.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>.
- 25.Офіційний сайт компанії "СВ АЛТЕРА" в Україні [Електронний ресурс]/ URL: www.svaltera.ua.
- 26.Все необхідне для автоматизації на базі PC: Каталог продукції фірми ADVANTECH. – Prosoft, 2017. – 490 с.
- 27.SCADA система SIMATIC WinCC [Електронний ресурс]/ URL: <https://www.avigan.com.ua/page/scada-sistema-simatic-wincc/mp/16283/>.
- 28.Системы визуализации. SCADA-системы [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.svaltera.zp.ua/?inc=prod/scada/>.
- 29.SCADA-система CITECT как инструмент интеграции технологических данных [Електронний ресурс]/ URL: <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 проекту)
«Інтегрована система автоматизації обслуговуючого процесу цукрового
виробництва»
08-31.БКР.010.02.000 ТЗ

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

“ 23 ” травня 2025 р.

Розробив студент гр. АКІТР-23мс
Юрій КРАВЕЦЬ

“ 23 ” травня 2025 р.

1 Назва і галузь застосування

Інтегрована система автоматизації (ІСА) обслуговуючого процесу цукрового виробництва.

ІСА призначена для роботи у складі системи автоматизованого управління великим сільськогосподарським переробним підприємством.

2 Підстава для розробки та назва організації, що проектує

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

3 Мета та призначення розробки

ІСА призначена для управління виробничим процесом, заснованим на технічному процесі, схема автоматизації якого наведена на рисунку 1.

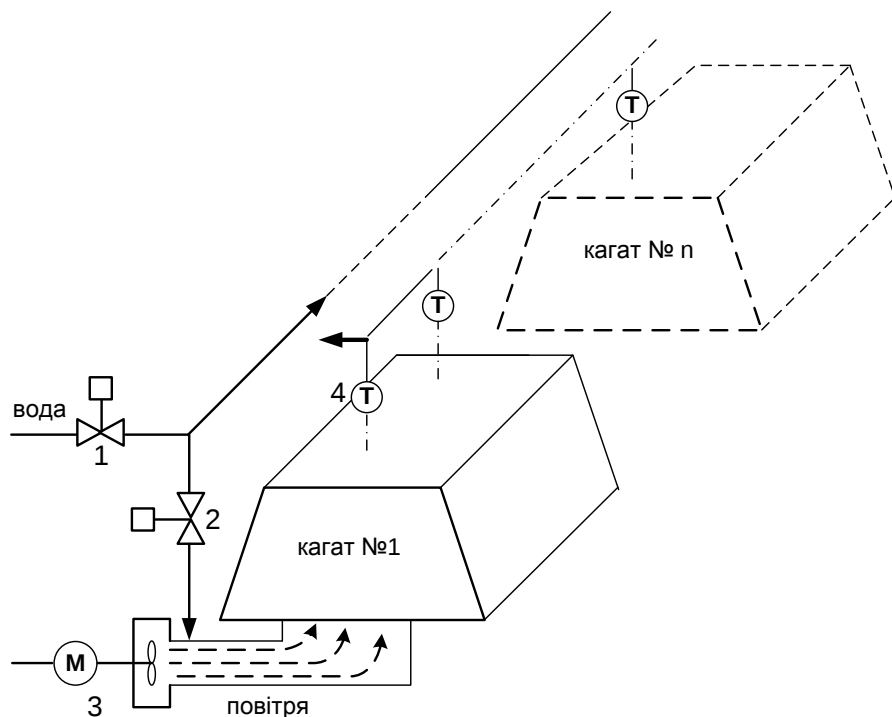


Рисунок 1 – Типова схема автоматизації технічного процесу

зберігання цукрового буряка

В типовій системі автоматизованого управління технічним процесом збереження цукрового буряка пристроями для активного провітрювання обладнано більше половини кагатів. Функціонування цих пристроїв регламентується технологічними потребами. Алгоритм керування процесом передбачає активне провітрювання кагатів шляхом вмикання вентиляторів 3. Умовою вмикання чи вимикання вентиляторів є відповідність температури повітря в кагатах заданому значенню. Температура в різних точках кагату вимірюється датчиками 4. При необхідності виконується також зволоження повітря в кагатах шляхом подачі води через загальний вхідний вентиль 1 та вентиль 2 кожного кагату. Вода потрапляє в струмінь повітря вентилятора, зволожуючи його. Вологість повітря в кагатах вимірюється в різних точках переносним вологоміром (на рисунку не показаний).

Метою розробки є отримання кращого за техніко-економічними показниками рішення ІСА у порівнянні з існуючими аналогами.

ІСА будується за ієрархічним принципом. На нижньому рівні управління функціонує автоматизована система управління технічним процесом (АСУТП), а на верхньому рівні – автоматизована система управління виробництвом (АСУВ).

4 Джерела розробки

1. Волошин З.С., Макаренко Л.П., Яцковський П.В. Автоматизація цукрового виробництва. - К.: Агропромиздат, 1990. – 380 с.
2. Яковлев О. Системи автоматизації технологічних процесів цукрового виробництва/ Яковлев О., Танцюра С., Войтюк О., Рудаков Ю., Латишев С., Волков В., Рак М., Круглий Н.// Сучасні технології автоматизації. – 2000. - №1. – С.44-53.
3. Пупена О., Ельперін І., Міркевич Р. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - Т.8. - №3. – 2016.

5 Показники призначення

5.1 Виробничі умови експлуатації АСУТП

Частина обладнання буде встановлена на території сховища буряка, а друга частина – в приміщенні операторської.

Для обладнання, що встановлене в сховищі, встановленні такі умови:

- температура навколишнього середовища від -10°C до $+30^{\circ}\text{C}$;
- відносна волога повітря від 40 до 100 %;

- ударне навантаження відсутнє;
- вібрація частотою від 10 до 30 Гц, віброприскорення до $19,6 \text{ м/с}^2$, лінійне прискорення відсутнє;
- додатковою умовою є можливість утворення роси та інею, дія дощу та повітряно-пилових потоків.

Для обладнання, що встановлене в опалювальному приміщенні операторської, умовами експлуатації є такі:

- температура навколишнього середовища від $+10^\circ\text{C}$ до $+35^\circ\text{C}$;
- відносна вологість повітря не більше 88% (при $t = +25^\circ\text{C}$);
- ударні навантаження відсутні;
- вібрація підлоги частотою від 10 до 30 Гц, віброприскорення не більше $19,6 \text{ м/с}^2$, лінійного прискорення немає;
- понижений атмосферний тиск не більший 61 кПа.

5.2 Вихідні параметри, що регулюються

Вихідними параметрами технологічного процесу зберігання цукрового буряку, що регулюються системою, є температура повітря T_n в п точках кагату та відносна вологість ϕ повітря в кагатах. Різниця температур в кагаті та зовнішнього повітря, при якій виконується провітрювання, менше або дорівнює $1 - 2^\circ\text{C}$.

Відносна вологість повітря, при якій виконується зволоження повітря, менше або дорівнює 80 %.

5.3 Параметри об'єкту, що підлягають контролю або вимірюванню

Автоматичне ввімкнення вентиляторів має здійснюватись при двох умовах : $T_n - T_v \geq 3 \div 4^\circ\text{C}$, $T_v > 0^\circ\text{C}$, а вимикання – при одній з умов; $T_n - T_v < 2^\circ\text{C}$ та $T_v \leq 0^\circ\text{C}$, де T_v – температура оточуючого повітря.

Вимкнення живлення вентилятора здійснюється при $T_n \approx T_v$, а також при підмерзанні буряка, коли $T_v \leq 0^\circ\text{C}$.

Тому вимірюванню підлягає температура оточуючого середовища в діапазоні від -10°C до $+40^\circ\text{C}$. Зволоження повітря в кагатах проводиться при різниці $\phi - \phi_z = 80 - 85\%$ при умові ввімкнення вентилятора.

5.4 Управляючі діяння та місце їх прикладання

Підтримання заданої температури в кагатах здійснюється за допомогою вимірювання температури T_n та вологості ϕ у 128 точках сховища цукрового буряка, швидкість оббігання яких становить 34 мс.

При цьому кількість буряка, що підлягає контролю однієї точки становить 500 – 1000 т.

Інформація від точок контролю надходить на пульт керування, де ця температура та вологість порівнюється з заданими температурою T_v та вологістю φ_3 повітря.

На основі аналізу порівняння виконуються відповідні дії, якщо виконуються умови $T_n - T_v \geq 3 - 4 \text{ } ^\circ \text{C}$, $T_v > 0 \text{ } ^\circ \text{C}$, то вмикається вентилятор, а якщо істинні умови $T_n - T_v < 2 \text{ } ^\circ \text{C}$ та $T_v \leq 0 \text{ } ^\circ \text{C}$ - то вимикається вентилятор 3.

Коли виконується умова $\varphi - \varphi_3$ дорівнює $80 - 85 \%$, то відкривається вентиль 1, а подачу води на зволоження здійснює вентиль 2.

5.5 Дії оператора у разі виникнення аварійних ситуацій

У разі коли температура цукрового буряка в кагатах T_n перевищуватиме температуру повітря навколишнього середовища більш як на $3 \div 4 \text{ } ^\circ \text{C}$, а вентилятори обдування кагатів не ввімкнулися автоматично, то оператор повинен перевести керування системою в положення «ручне керування» та запустити їх в роботу самостійно.

Таку саму операцію він повинен виконати тоді, коли вологість повітря в кагатах цукрового буряка φ зменшиться за 80% .

5.6. Вимоги до графічного інтерфейсу оператора

З ергономічної точки зору графічний інтерфейс оператора повинен складатися з одного основного екрану та кількох додаткових. На основному екрані відображується мнемосхема технологічного процесу та засоби сигналізації про аварійні події.

На першому додатковому екрані виводяться результати регулювання температури T_n та вологості φ в кагатах цукрового буряка, мнемосхема з технологічною анімацією роботи вентилятора та струменю повітря, а також з анімацією роботи зволожувальної системи з відображенням положення вентилів 1 та 2.

На другому додатковому екрані виводяться таблиця з температурою T_n та вологістю φ по кожному кагату з виділеннями кольором параметрів кагатів, що перевищують задані значення.

5.7. Вимоги до форм звітності

Система повинна автоматично формувати звіт про роботу сховища буряку на протязі робочої зміни з 8.00 до 17.00.

До звіту вносяться такі дані:

- середня температура за зміну по кожному кагату;

- середня вологість по кожному кагату за зміну;
 - кількість аварійних керувань системою вручну.
- Звіт виводиться на екран за вимогою оператора.

5.8 Вимоги до Web-сайту проектованої системи

Сайт створюється на сервері, що ієрархічно розміщений на верхньому рівні системи управління підприємством.

На сайті повинен відображатися графічний інтерфейс оператора системи управління технологічним процесом зберігання цукрового буряка .

Цей інтерфейс повинен бути пасивним для будь-кого, хто не має пароллю доступу до керування процесом. Тобто сайт в цьому випадку повинен виконувати тільки інформаційні функції.

Для тих відвідувачів сайту, хто мають пароль доступу до керування системою, система повинна давати змогу виконувати тільки дозволені їм функції шляхом активації відповідних органів управління інтерфейсу оператора.

6 Стадії розробки

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

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

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

6.4. Проектування програмного забезпечення АСУТП 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

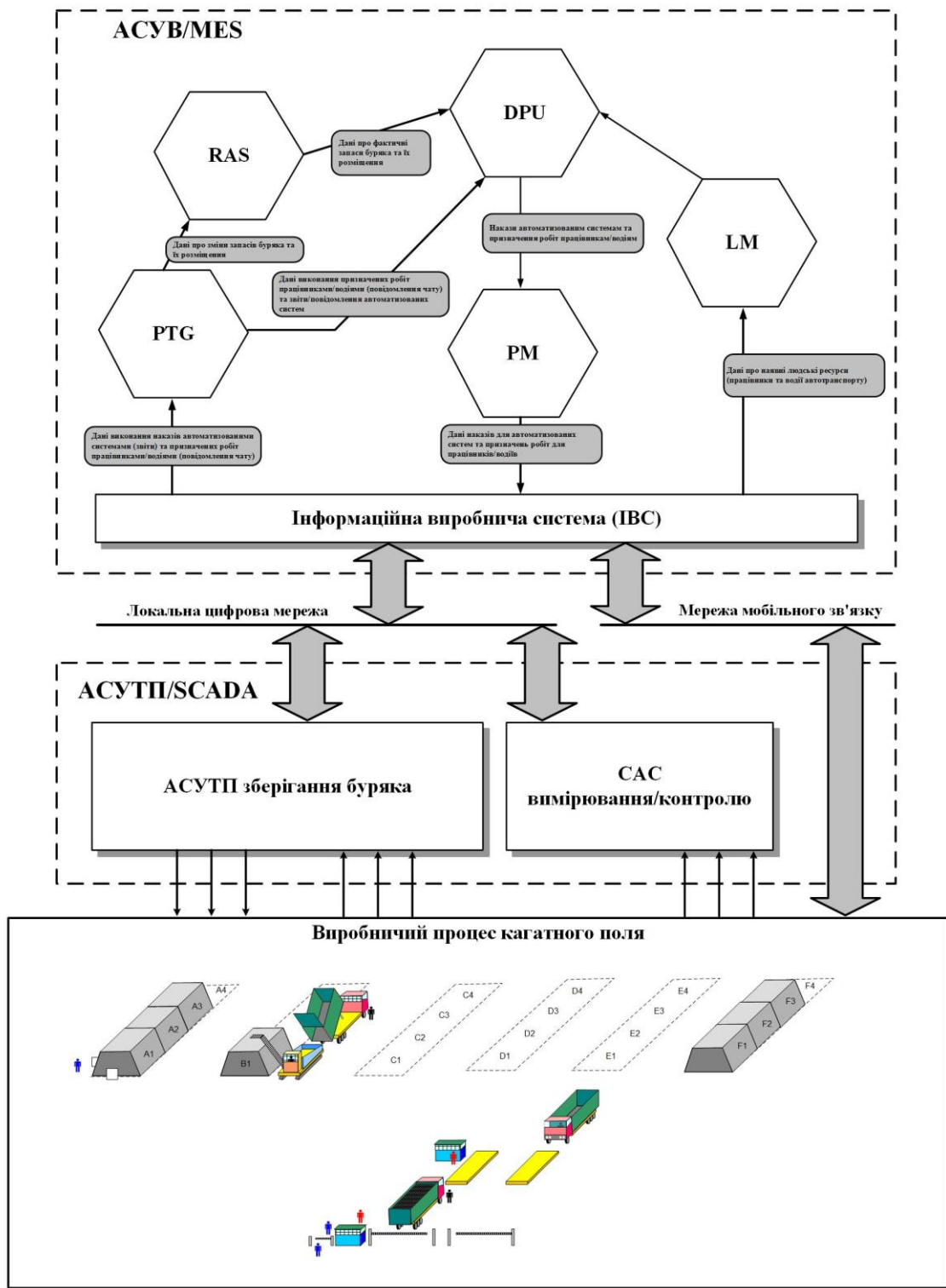
**ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУЮЧОГО
ПРОЦЕСУ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

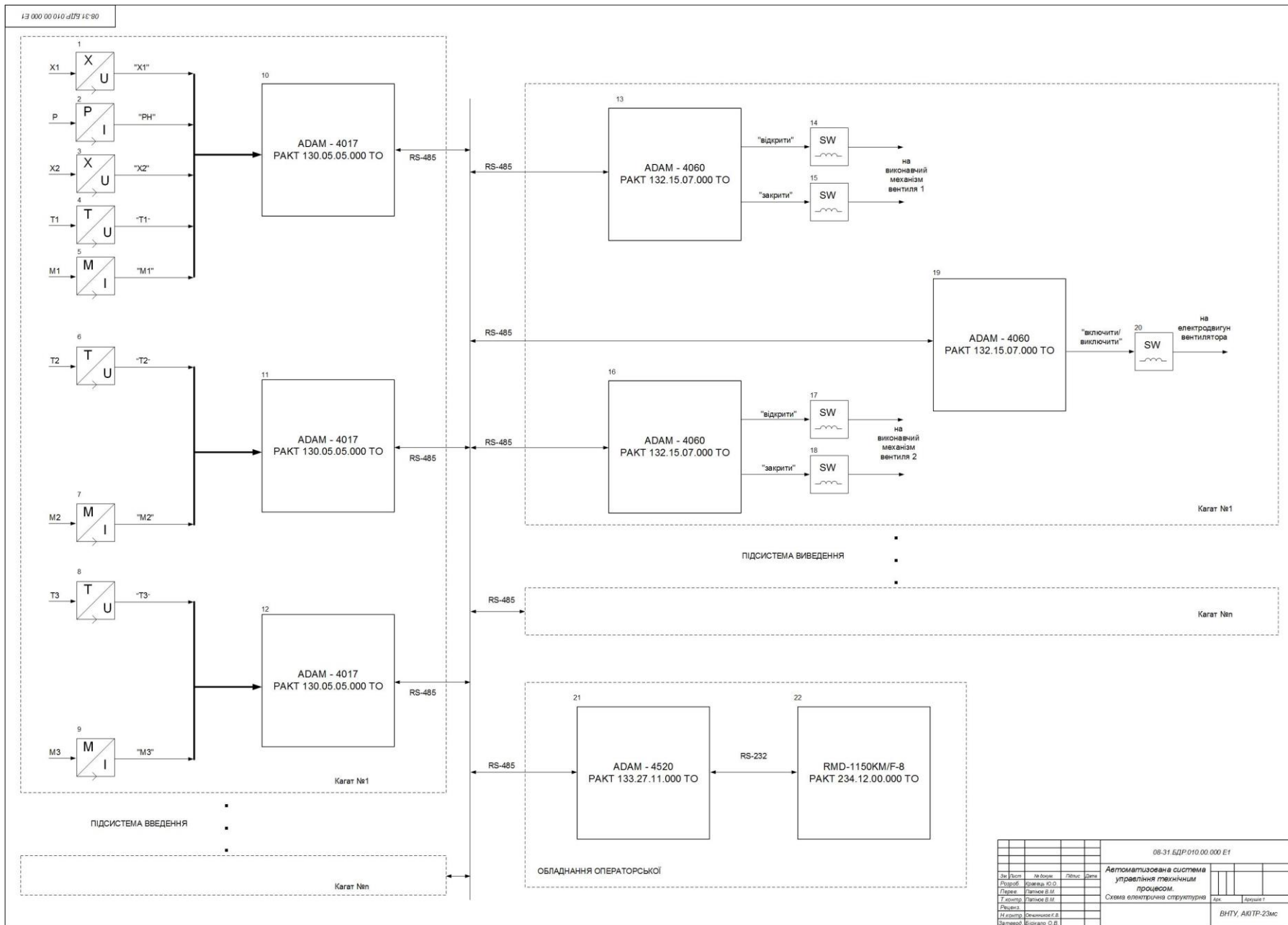
Розробив: _____
“ ” _____ 2025 р.

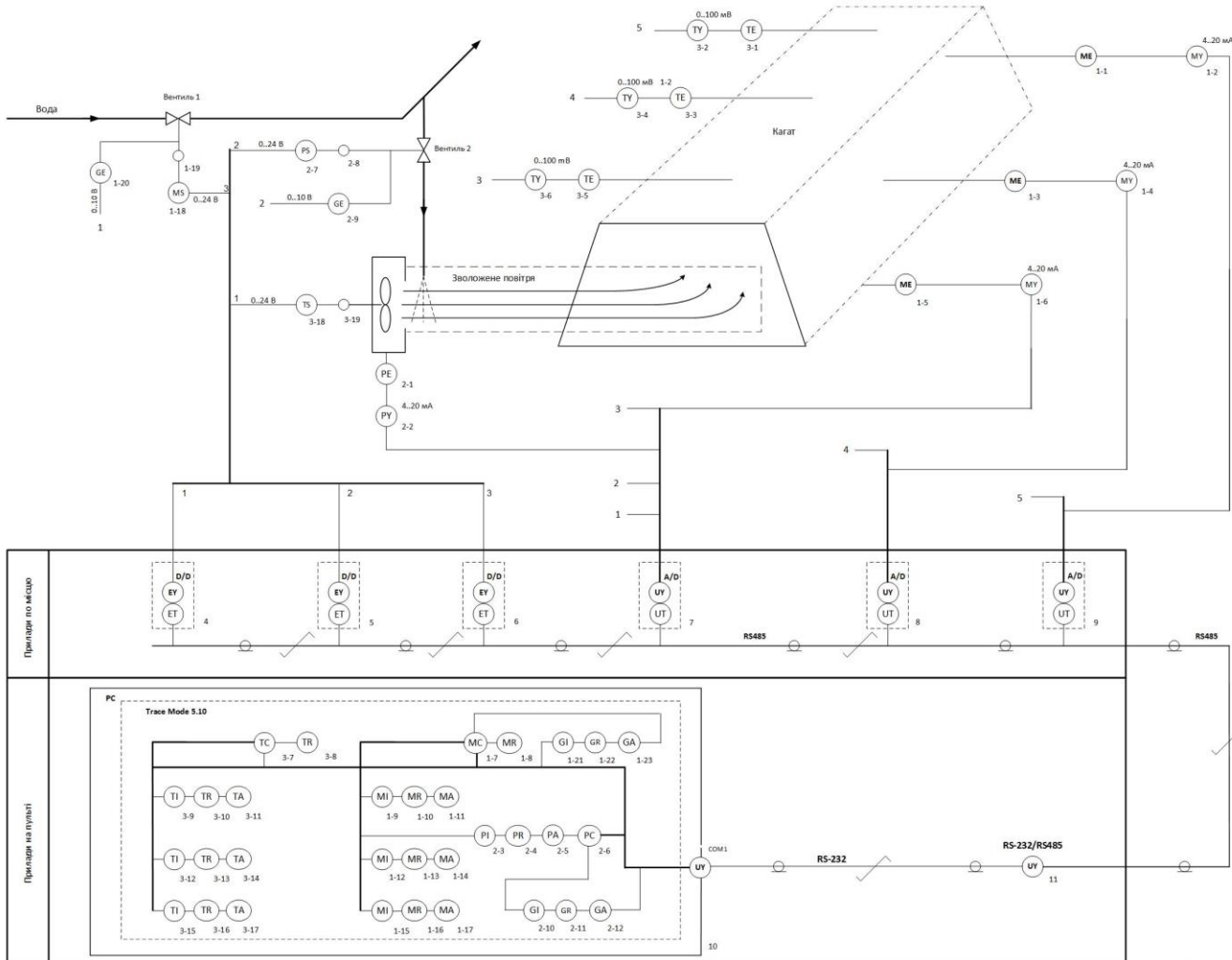
Перевірив: _____
“ ” _____ 2025 р.

Рецензент: _____
“ ” _____ 2025 р.

КОНЦЕПЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ





[illegible]

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Інтегрована система автоматизації обслуговуючого процесу цукрового виробництва

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

Підрозділ кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ФІТА ВНТУ

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 10,21 %

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 АІТ
(прізвище, ініціали, посада)

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

Здобувач

(підпис)

Юрій КРАВЕЦЬ

(прізвище, ініціали)