



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні технології та програмування в АСУ  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач

кафедри \_\_\_\_\_

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

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дудка Кирило Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка комп'ютерно - інтегрованої системи виробництва цукру з підсистемою керування якістю вакуум – апарата першого продукту

керівник роботи доцент, кандидат технічних наук Смітюх Ярослав Володимирович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Апаратурно-тетехнологічна схема основного відділення. Організаційна, технічна та інформаційна структура існуючих ІАСУ та АСУТП. Вимоги до системи автоматизації, що проектується.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація (державною, російською та англійською мовами). Зміст. Вступ 1.1 Аналіз структур існуючих автоматизованих систем керування як в Україні, так і в інших країнах. 1.2 Аналіз існуючих алгоритмів інтелектуального керування подібними процесами та підсистемами в цілому. 1.3 Питання горизонтальної (між підсистемами одного рівня) та вертикальної (підсистемами різного рівня) інтеграції механізмів інтелектуальної обробки даних. 1.4 Принципи вибору необхідних методів інтелектуальної обробки даних та керування. 1.4.1 Дослідження особливостей застосування нелінійних моделей керування. Розділ 2 – Загальносистемні рішення.2.1 Загальний опис об'єкту та системи.2.2. Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання. 2.3 Схема функціональної структури.2.4. Опис функцій, що автоматизуються (ПЗ). 2.5. Структурна схема комплексу технічних засобів. 2.6 Опис інформаційного забезпечення АСУТП виробництва та основного відділення. Розділ 3 – Розробка підсистеми управління технологічним процесом \_\_\_\_\_ (обладнанням). 3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня. 3.2. Схема компоновання

та специфікація модулів ПЛК та засобів RIO і PDS. 3.3 Схеми електричні принципи контурів вимірювання, управління та сигналізації. 3.4. Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж. Розділ 4 – Спеціальне завдання. 4.1. Опис алгоритму. 4.2. Опис спеціального програмного забезпечення. 4.3 Розробка людино-машинного інтерфейса оператора технолога. 4.4 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

## 5. Перелік графічного матеріалу

1) Схема функціональної структури; 2) структурна схема КТС; 3) схема автоматизації; 4) схеми електричні принципи; 5) проектне компонування пункту управління зі схемою компонування ПЛК та RIO; 6) схеми з'єднань та підключень проводок мереж; 7) схема інформаційної структури ІАСУ; 8) зображення мнемосхем; 9) алгоритми та лістинг програми їх реалізації.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розробка функціональної структури	Тиждень 1-4	
	Розробка комплексу технічних засобів	Тиждень 5	
	Розробка схеми автоматизації та вибір технічних засобів	Тиждень 6	
	Розробка принципів схем	Тиждень 7	
	Проектне компонування пункту управління зі схемою компонування ПЛК та засобів розподіленої периферії	Тиждень 8	
	Розробка схем з'єднань і підключень проводок мереж	Тиждень 9	
	Розробка інформаційного забезпечення	Тиждень 10	
	Розробка алгоритмів і програм для ПЛК	Тиждень 11	
	Розробка проекту SCADA/HMI	Тиждень 12	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Кирило ДУДКА**  
(прізвище та ініціали)

**Ярослав СМІТЮХ**  
(прізвище та ініціали)



## ANOTATION

Theme: "Development of a computer-integrated sugar production system with a quality control subsystem for the first product's vacuum machine"

Aim: to develop an integrated automated system for managing the production of sugar solution with the use of new microprocessor technology and automation tools, using controllers and PC.

The project used modern technical tools for measuring executive mechanisms and regulatory body.

Also, the answer is given to the list of questions concerning automation of the system. Among them: the description of the object of automation, the scheme of automation, the design layout of the microprocessor controller and the scheme of connecting the sensors, and the actuators to it, the video frame of the display mnemonic APM operator.

The control system is based on one of Schneider Electric's most popular microprocessor controllers.

The number of pages of an explanatory note with a volume of graphic material is:

Number of letters of explanatory note - letters

Sheet 1 - Scheme of functional structure

Sheet 2 - Scheme of KTZ

Sheet 3 - Scheme of automation

Sheet 4 - Electrical circuit diagrams

Sheet 5 - Scheme of connections and connections of posting of networks

Sheet 6 - Scheme of the information structure

Sheet 7 - The general hierarchical model of equipment

Sheet 8 - PLC and RIO layout layout

Sheet 9 - Scheme of network information flows

					<i>Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



## Вступ

Науково-технічний прогрес у науці та техніці значно посилив роль технічних засобів у процесі автоматизації. Це пояснюється тим, що без випереджаючого розвитку технічних засобів неможливий прогрес багатьох напрямків науки і техніки і передусім розробка нових сучасних засобів вимірювання та їх практичне використання. Одним із важливих завдань технічних засобів є сумісна їх робота в системі та достовірності результатів їхньої роботи, оскільки останнім часом різко підвищувались вимоги до точності вимірювань, збільшилася кількість вимірюваних величин.

Значно зросли вимоги до вимірювань у харчовій промисловості, до контролю за показниками якості продукції, що випускається. Як правило, показники якості продукції є комплексними для їхнього визначення потрібні інформаційно-вимірювальні системи з елементами прогнозування та програмованого здійснення складних технологій харчових виробництв.

Управління будь-яким технологічним процесом або об'єктом у формі ручного або автоматичного керування можливо лише при наявності вимірювальної інформації про окремі параметри, характеризуючих процес або стан об'єкту.

Технологічні виміри і вимірювальні прилади використовуються при керуванні багатьма технологічними процесами в різних сферах народного господарства.

В основі виміру параметрів та фізичних величин лежать різні фізичні явища та закономірності. Вимірювальні схеми будуються з використанням сучасних досягнень мікро-електронної техніки та інше.

Використання вимірювальних приладів, перетворювачів, регуляторів та інших технічних засобів - сприяє технічному прогресу, росту виробничої праці та підвищенню культури виробництва.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

# Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Аналіз структур існуючих автоматизованих систем керування виробництвом цукру як в Україні, так і в інших країнах.

На теперішній час автоматизовані системи (АС) отримали широке поширення у всіх сферах людської діяльності. Немислимою без них є сучасна організація різних галузей виробництва, науки, техніки, освіти, медицини, рис.1.1. Розвиток інформаційних технологій призвів до появи нових прогресивних методів, засобів та технологій обробки та передавання інформації. Все це обумовлює необхідність створення сучасних АС різного функціонального призначення.

Одним з напрямів науково-технічного прогресу, спрямованих на застосування саморегульованих технічних засобів, економіко-математичних методів і систем керування, що звільняють людину від участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів чи інформації, істотно зменшують міру цієї участі чи трудомісткість виконуваних операцій є автоматизація. Згідно ДСТУ 2226-93 "Автоматизація – впровадження автоматичних засобів для реалізації процесів". Автоматизація, окрім об'єкта керування вимагає додаткового застосування давачів (сенсорів), керуючих пристроїв (контролерів із засобами вводу-виводу), виконавчих механізмів та у переважній більшості базується на основі використання електронної техніки та методів обчислень, що іноді копіюють нервові і розумові функції людини. Автоматизуються: – виробничі (технологічні) процеси; – проектування; – організація, планування та управління; – наукові дослідження. – бізнес-процеси.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка комп'ютерно - інтегрованої системи виробництва цукру з підсистемою керування якістю вакуум – апарата першого продукту	Літ.	Арк.	Акрушів
Студент		Дудка К.О.						
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.						
Секретар		Проскурка Є.С.				<b>НУХТ ІА-2-2м</b>		

Метою автоматизації є підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, оптимізація управління, усунення людини від виробництв, небезпечних для здоров'я. Показник чи сукупність показників, що характеризують міру відповідності технічних та економічних характеристик АС сучасним досягненням науки й техніки називають науково-технічним рівнем АС. Однією із найістотніших характеристик АС є швидкість (час) реакції на зміну станів керованого процесу. Масштаб часу – число, що використовується як коефіцієнт перетворення реального часу в машинний час. Якщо реакція АС на зміни станів керованого процесу така, що забезпечує своєчасне проходження інформації, вироблення рішень та ефективний вплив на хід процесу, то такі АС прийнято називати системами реального часу. Режим реального часу – це режим оброблення даних, який забезпечує взаємодію обчислювальної системи із зовнішніми по відношенню до неї процесами в темпі, сумірному зі швидкістю протікання цих процесів (ГОСТ 15971). Імітація функціонування всієї системи чи її частини засобами іншої системи таким чином, що за допомогою системи-імітатора здійснюється оброблення тих же даних, виконання тих же програм і отримання тих же результатів, що й у імітованій системі називається емуляцією.

За ознакою ієрархії керування доцільно розглядати наступні класи АСК.

1. Комплексна автоматизована система керування (КАСК) – це багаторівнева АС, призначена для комплексної автоматизації функцій керування інженерно-технічною, адміністративно-господарчою, виробничо-технологічною та соціальною діяльністю, що забезпечує найефективніший розв'язок завдань з розроблення, освоєння, виробництва і постачання продукції.
2. Інтегрована автоматизована система (І АС) – сукупність двох і більше взаємопов'язаних АС, в якій функціонування однієї (кількох) з них залежить від результатів функціонування іншої (інших) так, що цю сукупність можна розглядати як єдину АС (ГОСТ 34.003).

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Найвищою класифікаційною ознакою АС є предметна сфера її застосування: економіко-організаційна, технологічна і проектно-конструкторська. Згідно з цією ознакою множина АС поділяється на три класи: 1. економіко-організаційні (АСК П); 2. управління технологічними процесами (АСК ТП); 3. управління науковими дослідженнями (АСНД); 4. проектно-конструкторські (АСП).

Перехід на ринкові відносини суттєво змінює погляд на організацію виробництва, що створює умови для найефективнішого використання техніки, предметів праці та людей у процесі виробництва і тим самим сприяє підвищенню його результативності. Виробниче підприємство для забезпечення своєї життєдіяльності перш за все орієнтується на ринковий попит з його вимогами до якості, споживчих властивостей та ціни товару. Тому завдання менеджерів вищого, середнього рівня та спеціалістів підприємства полягає у визначенні стратегії і тактики організації виробництва, котрі спрямовані на забезпечення його конкурентоспроможності, скорочення витрат на виготовлення продукції і як наслідок зменшення собівартості одиниці товару, збільшення прибутку та завоювання потужної позиції на ринку даної продукції. Традиційно, технології збільшення ключові показники ефективності (KPI) [1], підвищення продуктивності виробництва та зменшення собівартості гарно розвинуті в західних державах. Останні десятиріччя вони ведуть розробки стандартів, що дозволяють не тільки покращувати економічне підґрунтя виробництва, але й виводять підходи до автоматизації виробництва на новий еволюційний рівень.

В 2000-х людство досягло високих досягнень у науці, яка розвивається експоненціально, і тому було прийнято рішення вдосконалити виробництво і перейти на наступний етап під назвою Industry 4.0 [2]. Даний етап розвитку полягає в створенні нових можливостей, про які недавно ми могли лише говорити. Індустрія 4.0 [2] передбачає гнучкість, швидкодію та індивідуалізацію продукції. На підприємстві майбутнього, всі елементи

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

виробництва будуть зв'язані із зовнішнім світом, і що найголовніше, тепер і сам продукт теж буде цим елементом. Виробництво автоматично буде зв'язуватися з постачальниками щодо поставки сировини, автоматично керувати службами доставки товару. Ці всі елементи забезпечать високу швидкість виробництва, оптимізацію всього виробництва і у висновку дозволять зменшити затрати і збільшити прибуток.

Першою країною, яка почала задумуватися про перехід на четвертий етап промисловості, стала Німеччина, потім долучилися й інші європейські країни та США. Україні як країні з достатнім рівнем виробництва та вибором в сторону розвитку теж слід почати просуватися в даному напрямку. Розглянемо одну з традиційних для України галузей аграрної сфери – цукрове виробництво [3]. Йому сприяють кліматичні умови, родючі землі та постійна потреба людини і безлічі інших харчових виробництв в цукрі. В ХХ сторіччі Україна займала перше місце серед країн СНГ по виробництву цукру [4]. На сьогодні, попит зменшився та багато підприємств припинили свою роботу, залишилися лише максимально ефективні, сучасні, тобто рентабельні виробництва. Проте, Україна виходить на нові ринки, що сприяє відновленню цукрових заводів, адже ми маємо сприятливі природні та економічні умови, а цукор із цукрового буряку є найбільш очищеним та розповсюдженим у використанні в Європі. Одним із критичних ресурсів в процесі виробництва цукру є пара, яку за звичай виробляють в газових котлах, таким чином ціна на газ значною мірою визначає кінцеву вартість цукру. Нормою для виходу цукру-піску з цукрового буряка є 16%, тобто з 1 тони цукрового буряку підприємство отримує 160 кг цукру [5]. Виробництво – це тільки частина процесу, що постійно оновлюється, і тому всі техніко-технологічні та організаційно-економічні рішення можна приймати тільки на підставі аналізу достатньо повної і точної інформації про вимоги ринку, що очікуються, слабкі та сильні сторони власної діяльності і саме тому будуть розглянуті інші існуючі рішення на ринку [6].

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Розрізняють інтеграцію процесів за рівнями управління (вертикальні зв'язки) та взаємодією об'єктів одного рівня (горизонтальні зв'язки). З просуванням нагору збільшуються нормативи, показники, інтервали планування і т. ін. Маємо неначе ефект часової інтеграції. У разі інтеграції по горизонтальних зв'язках досягається узгодження дій окремих служб (підсистем), діяльності постачальників і споживачів у рамках єдиного плану-графіка постачання. Отут досягається ефект, так би мовити, просторової інтеграції.

Інтеграція полягає в об'єднанні окремих частин, підсистем, систем у рамках одної системи, яка охоплює повніші інформаційні аспекти управління на основі загального програмно-технічного, інформаційного й організаційного забезпечення. Поняття інтеграції можна поширити на однорідні системи (наприклад, лише АСУ ТП, лише АСУО і т. ін.), а можна віднести й до різнорідних систем (наприклад, АСУ ТП і АСУО; САПР і АСУП тощо).

## 1.2 Аналіз структур існуючих АСУ вакуум-апаратами

### 1.2.1 Технологія виробництва цукру та утфелю у вакуум-випарному апараті

Першим етапом на шляху до автоматизації виробництва за стандартом ISA – 88 це ознайомлення з технологією виробництва, компонентами задіяними в рецепті, переліком обладнання та підходами стандарту до опису всіх процесів, рецептури, обладнання та фізичного керування.

Далі буде описана технологія виробництва цукру на підприємстві, з детальним описом всіх стадій, інгредієнтів та задіяного обладнання. В межах стандарту ISA – 88 ознайомимось зі стандартним поданням всіх рецептур, технологічної частини та фізичної частини [7].

Інгредієнти:

- Первинні: цукровий буряк; вода; вапно; сатураційний газ; пар; діоксид сірки (суль-фітація).

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- Вторинні: бурякова стружка; гаряча вода; сік першої сатурації; сік другої сатурації; утфель I; утфель II; біла патока; зелена патока; жовтий цукор.

- Відходи: жом; мезга; карбонат кальцію; осад; мелас.

Пропорції визначені технологією виробництва хіміком-технологом, вони не змінні, а об'єми використання інгредієнтів унікальні в кожному окремому випадку, і залежать від потужностей промислових агрегатів встановлених на підприємстві. Тепер, коли ми визначилися з інгредієнтами, необхідно коротко описати етапи виробництва, тобто «рецепт» цукру:

- чистка: мийка, очистка від сторонніх домішок; мийка в дисковому водовідділювачі – очистка від транспортної води, уламків буряку, піску та каміння; омиваємо хлорованою водою; транспортуємо через систему з електромагнітним сепаратором; завантажуюмо в накопичувач.

- підготовка стружки: подаємо буряк на бурякорізку; зважуємо стружку.

- дифузія: обробляємо в похилому дифузійному апараті гарячою водою; виводимо жом із апарату; викачуємо дифузійний сік.

- очищення: Подаємо сік на мезгоуловлювач; перекачуємо сік в попередній дефекатор; додаємо вапно (0.2-0.3% від маси буряка) та перемішуємо суміш; виконуємо 3-5 хвилин; перекачуємо сік в апарат основної дефекації; додаємо вапно (2.5-3% від маси буряка) та перемішуємо суміш; виконуємо 8-10 хвилин; перекачуємо в сатуратор першої сатурації; обробляємо сатураційним газом (30- 34% діоксиду вуглецю); виконуємо 3-5 хвилин; перекачуємо в теплообмінник, сік нагрівається; перекачуємо в сатуратор другої сатурації; обробляємо сатураційним газом (30-34% діоксиду вуглецю); виконуємо 8-10 хвилин; перекачуємо сік на фільтрацію; фільтруємо, осад подаємо на попередню дефекацію, фільтрований сік – в сульфітатор; фільтрація триває 12-16 годин; сік в сульфітаторі обробляємо діоксидом сірки – висвітлюємо; сульфїтуємо 5 хвилин; перекачуємо в теплообмінник.

- випарювання: обробляємо сік до утворення сиропу (65% сухих речовин); сульфїтуємо до рН 7.8-8.2 при температурі +85 °С; фільтруємо в фільтрах

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

при +95 °С додаючи кізельгур; перекачуємо сироп в ємність сиропу для вакуум-випарних апаратів.

- кристалізація: готуємо вакуум-апарат до роботи (пропарка, тиск розрідження); набираємо сироп у вакуум-апарат; випарюємо сироп, плавно збільшуючи його масу; в точці кристалізації додаємо затравку; нарощуємо кристали цукру; готовий утфель вивантажуємо до утфелемішалки.

- відділення кристалів: з утфелемішалки подаємо утфель на центрифуги; кристал відділяється від маточного розчину (зеленої патоки) у центрифугі; кристал промивається теплою водою; висушуємо в сушках до вологості 0,05-0,14%.

- пакування: пакуємо готовий цукор-пісок у мішки або пакети.

- повторне використання решток: зелена патока подається на вакуум-випарний апарат (кристалізація), отримуємо утфель II (продукт на виході – жовтий цукор); жовтий цукор розчиняємо у соці II стадії та додаємо до сиропу; подаємо отриманий сироп на сульфитацію та варку утфелю I.

Таким чином, ми отримали покроковий рецепт приготування цукру-піску на підприємстві в зручному для нас уявленні, даний рецепт схожий на кулінарний з покроковим описанням дій та задіяних приладів і сировини. Проте, при описанні виробничих процесів таким чином виникають суттєві неточності та важливі речі, які були опущені із опису в угоду легкій читаємості рецепту. Саме ці проблеми і вирішуються впровадженням стандарту ISA – 88 для опису та проектування технологічного процесу, автоматизованих систем на виробництві.

Тепер для написання рецепту за ISA – 88 нам необхідно визначитися з переліком обладнання, яке буде задіяно в виробництві цукру. Необхідне обладнання: мийка; дисковий водовідділювач; електромагнітний сепаратор; накопичувач; бурякорізка; ваги; дифузійний апарат; жомотранспортери; мезгоуловлювач; попередній дефекатор; основний дефекатор; сатуратор першої сатурації; теплообмінник; сатуратор другої сатурації; станція фільтрації; сульфітатор; випарювач; вакуум-випарний апарат;

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ульфемішалка; центрифуга; сушилка; ваги та пакувальний апарат; ємності-накопичувачі; транспортери та труби з насосами і клапанами.

Вакуум-випарні установки застосовуються для згущення незбираного і знежиреного молока, молочної сироватки, соків, цукрових сиропів та різних рідин в харчовій, хімічній, будівельній та інших галузях промисловості [8]. Мета випарювання - концентрування нелетких сухих речовин згущуємої рідини шляхом видалення з неї частини води випаровуванням. При випарюванні співвідношення між окремими компонентами рідини зберігається. Рушійною силою випарювання є різниця температур теплоносія (гріюча пара) і кипіння продукту, концентрація якого збільшується. Для нагрівання рідини до температури кипіння використовують водяну пару, яку називають гріючою або первинною на відміну від вторинної пари, що утворюється з випарюемого продукту. Випарювання відбувається при кипінні, тобто в умовах, коли тиск пари під продуктом дорівнює тиску в робочому об'ємі апарату (корпусу) вакуум-випарної установки. Випарювання проводять при надлишковому тиску і під вакуумом. При надлишковому тиску вторинний пар має високу температуру, що дозволяє використовувати його для нагрівання в різних теплообмінних апаратах, що працюють під меншим тиском. У цьому випадку підвищується ефективність випарної установки, однак підвищення температури і тиску вторинної пари збільшує витрату гріючої пари і вартість установки. Випарювання проводять у вакуум-апаратах, з конденсуванням парів – в конденсаторах. Постійне розрідження в системі підтримується за допомогою сухо- або волого-повітряного насоса або системи ежекторів для відсмоктування повітря з системи. Переваги випарювання у вакуум-апаратах в порівнянні з випарюванням при атмосферному тиску:

- Випарювання у вакуумі при температурі кипіння близько 60°C рідин, кипіння яких при атмосферному тиску має температуру кипіння 100°C і супроводжується фізико-хімічними змінами з втратою біологічної цінності продукту.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- Зменшення втрат тепла в навколишнє середовище, і як наслідок - витрат гріючої пари.
- Можливість використання вторинної пари, що призводить до економії тепла, зменшенню витрат гострої пари.
- Менший час згущення і більше знімання продукту з 1 кг площі нагріву, - завдяки більшому перепаду температур між теплоносієм і рідиною, що випарюється.

Розглянемо вакуум-апарат в типовому представленні на підприємствах. Найбільше розповсюдження в промисловості отримали апарати що мають центральну циркуляційну трубу та внутрішню нагрівальну камеру. В нижній частині вертикального корпусу агрегату (рис.1.1) є спеціальна нагрівальна камера. Вона включає в себе циркуляційну трубу великого діаметру, яку встановлюють по осі камери, та дві трубні решітки, в яких закріплюють розвальцьовані труби приблизної довжини 3-4 м. В простір між нагрівальною камерою та трубою подають гарячий пар.

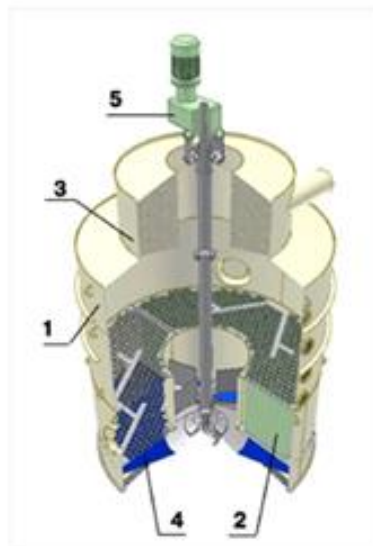


Рис.1.1 Вакуум-апарат періодичної дії: 1- корпус, 2 - нагрівальна камера, 3 - сепаратор, 4 - опорне дно, 5 - циркулятор механічний з приводом.

Вакуум-апарати працюють при тиску нижчому за атмосферний та призначені для уварювання утфелів [10]. У вакуум-апараті створюється тиск менший за атмосферний (розрідження) та підтримується протягом процесу

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

випарювання. Після встановлення стійкого стану розрідження, відкриваються клапани подачі продукту. Коли продукт заповнює вакуум апарат до рівня розташування теплообмінника, починається подача носія тепла. В нашому випадку подача пари супроводжується вмиканням мішалки для забезпечення рівномірного нагрівання продукту. Після того як апарат заповниться продуктом згідно з налаштуваннями та характеристиками вакуум-випарної установки, проходить процес згущення сиропу. Потім починається процес вводу затравки. Після того як затравка введена та з'явилися центри росту кристалів цукру починається процес регулювання концентрації сухих речовин (СВ) через підкачку сиропу та регулювання подачі пари до теплообмінника. Коли концентрація СВ досягає заданого параметра та кристали цукру відповідають всім необхідним вимогам, починається стадія уварювання. Але якщо кристали цукру відхиляються від норми, можна провести процедуру розхитування подачею аміачної води та білої та зеленої паток, і після цього уварювати продукт.

Уварювання завершується коли концентрація СВ відповідає налаштуванням кінця уварювання або струм мішалки досягає показників умови завершення уварювання. Після чого стравлюється вакуум та починається процес вивантаження продукту. Коли вакуум-випарний апарат спорожнів, починається процес пропарки (очистки парою вакуум-апарату від залишків продукту). Після чого апарат готовий до нового циклу варки. \_\_

Розглянемо існуючу схему автоматизації (рис.1.2) вакуум-апарата [ 11 ].

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

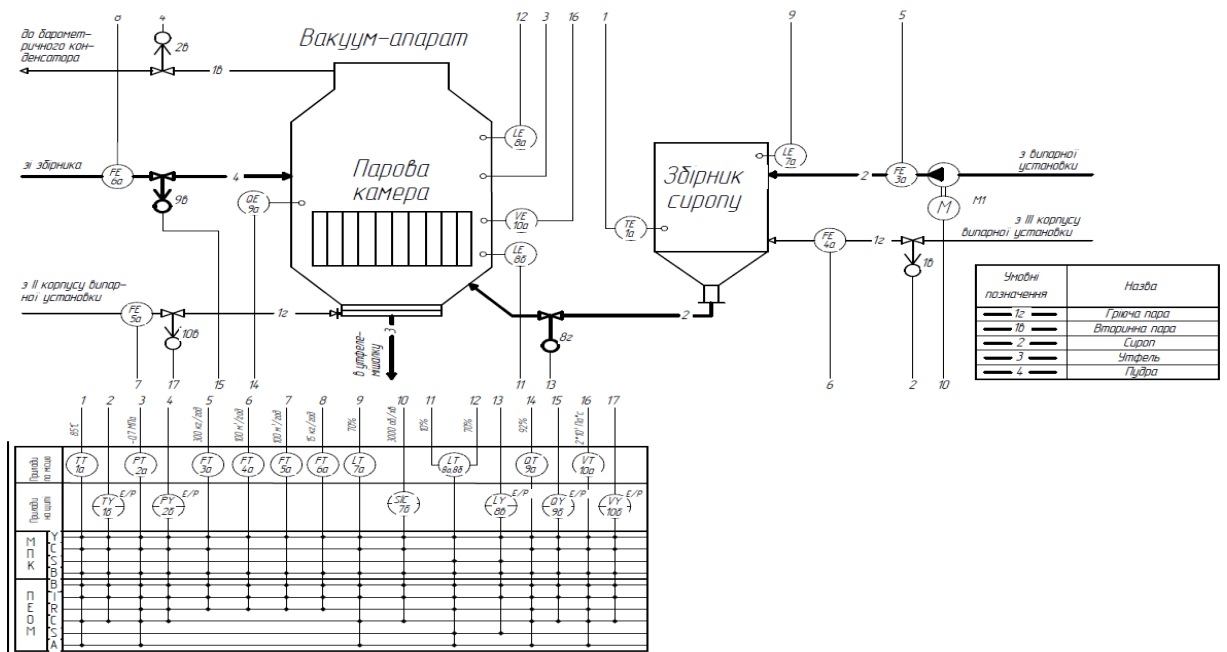


Рис.1.2 Схема автоматизації вакуум-апарата

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

### Температура

Регулювання температури здійснюється збірнику сиропу термометром опору ОВЕН ДТС 054 (1a) та встановленням керувальної дії з ЕОМ чи МПК через електропневматичний перетворювач Dwyer 2700 (1б) на пневматичний сідельчатий клапан Siemens PS-2 (1в) що змінює положення регулюючого органу в трубопроводі пари.

### Тиск

Відбувається регулювання тиску в вакуум-апараті за допомогою ПВП тиску Sitrans P Compact (2a). Сигнал 4-20 мА із датчика надходить на модуль аналогових входів МПК, де перетворюється в цифровий сигнал 0-10000, опрацьовується програмою. Якщо є розузгодження із заданим значенням. То тоді на виході із МПК через модуль аналогових виходів пропорційний сигнал 4-20 мА надходить на електропневматичний перетворювач Dwyer

2700 (2б) на пневматичний сідельчатий клапан Siemens PS-2 (2в) що змінює положення регулюючого органу в трубопроводі.

#### Рівень

Контур регулювання рівня в вакуум апараті реалізований на ємнісних рівнемірах Siemens Sitrans Pointek CLS 200 (8а, 8б), що передають сигнал на МПК на модуль дискретних входів, керуючий сигнал з якого управляє пневматичним клапаном (8г) з допомогою електропневмоперетворювача (8в). Рівень і збірнику сиропу вимірюється за допомогою радарного рівнеміра Sitrans LR 400 (7а). Регулювання витрати відбувається за допомогою частотного перетворювача Lenze 8200 Vector (7б), який змінює частоту обертів двигуна насоса М1.

#### Витрата

Контроль витрати сировини та готового продукту здійснюється ПВП магнітоіндукційного витратоміра Sitrans FM MAGG 6000 (5а-8а), передає сигнал на вторинний перетворювач витрати Sitrans FM MAGG 1100 (5б-8б). Сигнал 4-20 мА надходить на модуль аналогових входів МПК, де далі перетворюється в цифровий сигнал і виводиться на екран оператора.

#### рН

Контур регулювання рН в вакуум-камері реалізований на рН-метрі Siemens Sipan (9а), що передають сигнал на МПК, керуючий сигнал з якого управляє пневматичними клапанами (9в) з допомогою електропневмоперетворювачів (9б).

#### В'язкість

Регулювання в'язкості відбувається в вакуум камері. Вимірювання відбувається за допомогою ротаційного віскозиметра РВ-7 (10а). Сигнал 4-20 мА із датчика надходить на модуль аналогових входів МПК, де перетворюється в цифровий сигнал 0-10000, опрацьовується програмою. Якщо є розузгодження із заданим значенням. То тоді на виході із МПК через модуль аналогових виходів пропорційний сигнал 4-20 мА надходить на електропневматичний перетворювач Dwyer 2700 (10б) на пневматичний

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

сідельчатий клапан Siemens PS-2 (10в) що змінює положення регулюючого органу в трубопроводі.

Сироп після підігрівання і фільтрації поступає на уварювання, де відбувається подальше випарювання з нього води, причому розчин стає вже перенасиченим і цукор виділяється у вигляді кристалів. Ціллю уварювання і є кристалізування цукру при випарюванні води.

Продукт, що отриманий після уварювання називається утфелем. Він містить лише 7,5% води і біля 55% викристалізованого цукру. Міжкристальна рідина представляє собою рідкий розчин, що містить всі нецукри і насичений розчин цукру в невеликій кількості води, що залишилася. За своєю консистенцією утфель являє собою доволі густу і вязку суміш кристалів і міжкристальної речовини. Таку кристалічну масу не можливо отримати у випарних апаратах, так як навпаки потребується, щоб сироп не містив кристалів, щоб концентрацію сухих речовин не перевищувала 70% за для уникнення зацукрювання труб, вентилів і т.д.

Сироп уварюють в спеціальних вакуум-апаратах, що працюють періодично.

Уварювання сиропів необхідно вести під розрідженням, так як концентрація киплячої маси досить висока, що викликає підвищення температури кипіння, наприклад на 20°C. Якщо уварювати сироп під атмосферним тиском, то температура кипіння буде  $100+20=120^{\circ}\text{C}$ , що викличе карамелізацію цукру, так як уварювання сиропу триває 2-4 години. Під розрідженням температура сиропу при уварюванні тримається лише 75-80°C.

Утфель 1 кристалізації з вакуум апарата поступає на мішалку, звідки його направляють в центрифуги, де під дією відцентрової сили у обертаючому перфорованому барабані (1000об/хв) кристали цукру відокремлюються від міжкристальної речовини. Ця речовина називається зеленим витоком і містить всі нецукри і концентрований розчин цукру.

					<i>Кваліфікаційна робота.</i> <i>Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Чистота зеленого віддітку (75-78%) значно нижче чистоти утфеля, так як велика частина цукру буде видалена у вигляді кристалів.

На цукрових заводах застосовуються вакуум-апарати двох типів: вертикальні і горизонтальні. Вакуум-апарати мають форму вертикального циліндра висотою 5-7м і діаметром 2,4-4м. Ємність вертикального вакуум-апарату 100-800ц утфеля.

Сам апарат має дві циліндричні парові камери різного діаметру, вставлені одна в одну (рис.1.3) [ 11 ]. Камери пронизані вертикальними обігрівачами діаметром 70-100 мм. В середині центральної камери вмонтована циркуляційна труба (діаметром 500мм), обігрівачі трубки ширші ніж в звичайного випарного апарату для проходження більш густої маси утфеля (не 25-30мм, а 70-100мм). Внутрішня парова камера довша ніж зовнішня, таким чином внутрішня камера опущена глибше і обігріває нижню конічну частину апарату, викликаючи кипіння і циркуляцію утфеля, не дозволяючи масам кристалів цукру опускатися на дно апарата. Верхня поверхня обох камер обмежена одною горизонтальною площиною. Пара входить в кожну камеру з протилежних сторін, причому різного тиску. Також відбувається виведення конденсату.

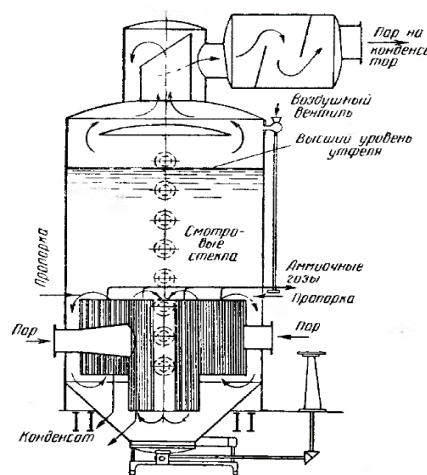


Рис.1.3 Вакуум-апарат з підвісною камерою.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Кристалізаційне відділення цукрового заводу є одним з найважливіших, тому що від його роботи залежить не тільки вихід готової продукції, але й її якість. У кристалізаційному відділенні відбувається практично перекристалізація, яка, як відомо, є потужним засобом очищення речовини. Тому якість цукру в значній мірі залежить від того, в якій послідовності проводиться процес кристалізації, та з яких продуктів кристалізується цукроза і як ведеться процес кристалізації.

На сьогоднішній час відомо декілька способів покращання якості цукру, що можна застосувати в продуктовому відділенні:

- заведення кристалів на основі спеціальних паст;
- уварювання утфелів у вакуум-апараті з перемішувачами;
- промивання цукру цукромістким розчином та водою;
- уварювання утфелів на кристалічній основі;
- отримання цукру-піску з утфеля, що уварювався тільки з клерівки жовтих цукрів.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

В основі всіх перерахованих способів закладено принцип зменшення кількості та підвищення якості плівки маточного розчину на поверхні кристалів цукру. Зменшення кількості плівки можливо досягнути покращанням гранулометричного складу цукру, тобто отриманням більш крупних та однорідних кристалів, що мають меншу поверхню в порівнянні з дрібними або за рахунок більш повного відділення її шляхом використання афінації та пробілювання водою. Покращання якості плівки досягається шляхом використання для уварювання утфелів продуктів більш високої якості.

До основних заходів щодо підвищення ефективності роботи кристалізаційних відділень в першу чергу потрібно віднести:

- оптимізацію уварювання утфелі, що включає ефективний спосіб заведення кристалів;
- автоматизацію процесів уварювання;
- ритмічну роботу вакуум-апаратів.

Стратегічним напрямком є уварювання утфелі за понижених температур, коли розчинність цукрози менша. Необхідний для цього вакуум досягається шляхом підтримування температури барометричної води в конденсаторі для утфелі I та II кристалізації 50° С, а утфеля III кристалізації - 45° С.

Ще одним заходом, що сприяє зменшенню вмісту цукру в мелясі, є ретельний контроль за роботою центрифуг, особливо утфеля останньої кристалізації. Відомо, що при відхиленнях в роботі центрифуг чистота меляси може збільшитись на 0,3...2,0%. Головною причиною такого є прохід через сито дрібних кристаліків цукру. Експериментально встановлено, що через сито з комірками в 40 мкм проходить від 0,2 до 1,3% дрібних кристалів, а через сито з розмірами комірок в 60 мкм – 0,4...2,2%, тобто лише заміна сита на густіше сприяє пониженню чистоти меляси на 0,1 - 0,3%

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

## 1.2.2 Основні параметри, що впливають на ефективність кристалізації цукрози у вакуум-апаратах.

Розглядаючи параметри, котрі впливають на ефективність кристалізації цукрози, потрібно відзначити, що багато з них не можуть бути зміненими, тому що вони зв'язані з роботою попередніх відділень цукрового заводу або ж можуть змінюватися лише в неширокому діапазоні. Так, витрата та якість *сиропу* визначається якістю та кількістю останнього, котрий отриманий на випарній установці (ВУ), а *відтоків* – якістю роботи окремих станцій кристалізації. Як правило, ці параметри відносяться до числа *незалежних*. Тиск та температуру граючої пари можна також змінювати в рамках дуже вузького діапазону, тому що це зв'язано з технічними можливостями генерування пари та його перерозподілу між окремими корпусами ВУ та споживачами по заводу.

Тому особливу увагу потрібно звертати на рівень утфелю у ВУ періодичної дії. Висота цього шару впливає на залишковий тиск та температуру всередині ВУ, а відповідно, і на величину швидкості кристалізації цукрози, швидкість термічного розкладу її та витрату граючої пари.

Швидкість кристалізації цукрози залежить від температури утфелю, в'язкості та густини міжкристального розчину і відносної швидкості руху кристалів в ньому. Всі ці параметри прямо чи опосередковано залежать від висоти (товщини) шару утфелю у ВУ. Крім цього, на величину швидкості кристалізації цукрози суттєво впливає також і відносний відсоток кристалів цукрози в утфелі. Значить, за допомогою цього параметру можна інтенсифікувати процес кристалізації цукрози.

Величина гідростатичного тиску утфельної маси впливає також на величину температури кипіння утфелю, підвищуючи чи знижуючи її, а відповідно і на процес термічного розкладу цукрози. Професором Бугаєнко

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

І.Ф. [12] встановлено, що величина розкладу цукрози за рН утфелю І та ІІ кристалізації в межах 8,0...6,5 та температурі в 75°C в середньому складає 0,03% з підвищенням температури на 10°C втрати збільшуються в два рази.

Гідродинамічна обстановка у ВУ періодичної дії постійно змінюється. При цьому швидкість циркуляції утфелю коливається та поступово знижується до кінця варки до мінімуму. За звичайних умов єдиною рушійною силою циркуляції є різниця в'язкості утфелю при стінках кип'ятильних трубок та всередині їх. Оскільки температура граючої пари у ВУ як правило не регулюється, то підвищення термічного опору і зменшення швидкості циркуляції супроводжується зниженням теплового потоку, що в свою чергу зумовлює до зниження паровмісту та рухомої сили циркуляції.

На заключних стадіях уварювання утфелі можливі такі режими роботи ВУ, коли кипіння утфелю не відбувається, останній тільки нагрівається. Тому з метою підвищення циркуляції запропоновано ряд способів:

- вдуванням повітря (пари) під нижню трубку решітку;
- встановлення додаткових нагрівальних елементів;
- встановлення механічних циркуляторів.

Процес отримання утфелю І кристалізації можна розділити на наступні етапи: набір вакуум-апарат сиропом і згущення його до проби; утворення центрів кристалізації; нарощування кристалів, згущення утфелю, вивантаження утфелю в мішалку і пропарювання вакуум-апарата.

Найбільш розповсюдженим методом проведення цих етапів процесу є робота з періодичним веденням сиропу. Періодичне введення сиропу здійснюється звичайно при досягненні коефіцієнта пересичення міжкристалевого розчину 1,15-1,18 і закінчується при коефіцієнті пересичення 1,02-1,05. Дуже часто введення сиропу починають при більшому значенні коефіцієнта пересичення - на межі появи вторинних центрів, а іноді

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"				26

і після початку їх появи. Нічого, крім шкоди, такий спосіб роботи не дає. Значні коливання пересичення збільшують тривалість процесу, що зменшує масову швидкість кристалізації.

Спеціалістами УкрНДЦП на Яготинському цукровому заводі випробуваний спосіб отримання утфелю I кристалізації при безперервному вводі сиропу у вакуум-апарат [12], який полягає в наступному: спочатку у вакуум-апарат набирається така кількість сиропу, щоб після згущення його до потрібної концентрації він повністю покривав поверхню нагріву, далі згущення сиропу ведеться при максимальному розрідженні, тобто при мінімальній температурі кипіння.

Після досягнення коефіцієнта пересичення сиропу 1,25 у вакуум-апарат вводиться біля 20 г цукрової пудри. Через 1-2 хв. відбирають пробу для спостереження за кількістю утворених кристалів. Після утворення достатньої кількості кристалів у вакуум-апарат вводять сироп для зменшення коефіцієнта пересичення міжкристалевого розчину до 1,1 та припинення подальшого утворення центрів кристалізації. В подальшому кристали цукру нарощують при безперервному надходженні сиропу у вакуум-апарат. Процес регулюється так, щоб коефіцієнт пересичення міжкристалевого розчину утримувався на постійному рівні (біля 1,1). При такому значенні коефіцієнта пересичення забезпечується досить висока швидкість кристалізації та не утворюються нові центри кристалізації.

Впровадження способу отримання утфелю I кристалізації при безперервному способі введення сиропу у вакуум-апарат дозволяє значно зменшити тривалість процесу (приблизно на 22,5 %) при одночасному покращенні якості білого цукру (гранулометричний склад, забарвленість).

Майже на всіх бурякоцукрових заводах при отриманні утфелю I кристалізації у вакуум-апаратах періодичної дії на початковій стадії у вакуум-апарат вводять велику кількість води або соку для запобігання

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



Сироп, що надходить в апарат, повинен мати температуру на кілька градусів вищу за температуру утфелю у вакуум апараті. Перегрітий сироп, потрапляючи у вакуум-апарат, швидко закипає, виділення бульбашок пари посилюється, що підвищує циркуляцію утфелю і сприяє процесу нарощування кристалів. Після утворення центрів кристалізації, температуру кипіння утфелю знижують до 80-82°C, поступово відкриваючи повітряний вентиль.

При необхідності підвищення температури кипіння утфелю з метою розчинення дрібних кристалів цукру може здійснюватися багаторазово. В подальшому подача сиропу повторюється до тих пір, поки утфелем не заповниться весь об'єм апарата. На цій стадії температура утфелю поступово знижується і досягає 78-79°C, при якій утфель остаточно згущується до вмісту в ньому 92,5-93 % сухих речовин.

Для покращення якісних показників утфелю I кристалізації із сиропів підвищеної концентрації в технологічній схемі заводу необхідно передбачити між корпусну сульфитацію та фільтрування сиропу.

Впровадження способу, розробленого в УкрНДЦП, дозволить зменшити витрати пари на підігрів вакуум-апаратів на 2,3 % від маси буряку, на 1,7 % зменшити використання води, стабілізувати споживання пари, збільшити продуктивність вакуум-апаратів на 10 %, тому навіть якщо ВУ не забезпечує отримання концентрованих сиропів, застосування його залишається доцільним.

Надійно працювати з високими концентраціями, отримуючи високоякісний утфель I кристалізації, дозволяє відносно новий метод [13] з використанням маточного утфелю, широко розповсюджений на цукрових заводах Німеччини, Великобританії та інших країн (рис.1.4).

Процес підготовки маточного утфелю включає три етапи:

- попередня підготовка кристалічної затравочної суспензії у мішалці 1.0:

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- одержання кристалічної основи з середніми розмірами кристалів 100-120 мкм (0,1..0,12 мм) при охолодженні (мішалка-кристалізатор 1.1);
- нарощування кристалів основи при випарюванні в окремому вакуум-апараті (2) до середнього розміру кристалів 300 мкм.

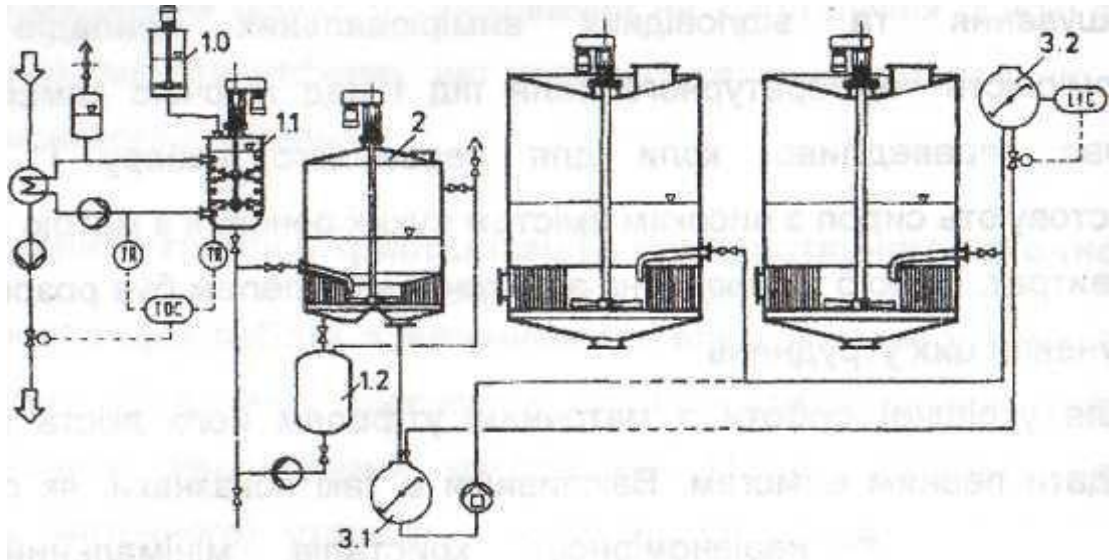


Рис.1.4 Апаратурно-технологічна схема роботи за Брауншвейгським способом

Суть Брауншвейгського методу полягає в наступному. Сироп доводиться у спеціальному випарному апараті до концентрації СР 75%, а потім, через проміжний резервуар, потрапляє в кристалізатор-охолоджувач (1.1), ступінь охолодження в якому регулюється контурами охолодження. При температурі біля 50°C пересичення досягає величини 1,1 і з відповідної мішалки подається підготовлена затравочна паста. Після охолодження отриманого продукту розмір кристалів досягає приблизно 0,1 -0,13 мм. Така кристалічна затравка може бут безпосередньо використана для одержання дрібнокристалічного утфелю, або спрямовується на подальшу обробку у вакуум-апарат (2), де розмір затравлювальних кристалів доводиться до 0,3 мм. Кристалічна затравочна суспензія по трубопроводах замкненого контуру з прийомної мішалки 3.1 насосом подається в мішалку 3.2, що встановлена на площадці ВУ. Первинний набір у ВУ необхідної кількості кристалічної

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



мікротравки до розмірів 80-120 мкм запропонована конструкція оригінального кристалізатора - охолоджувача, виготовленого із матеріалу, який має низькі адгезійні властивості. Для приготування 35 т утфелю І кристалізації витрати затравочної суспензії з кристалами 0,1 мм складають 400 кг, тому робоча місткість кристалізатора - охолоджувача прийнята 4 т ( на 10 виробничих циклів).

Новий спосіб приготування затравочної суспензії, на відміну від „Брауншвейгського“, дає можливість виключити злипання мікро кристалів. Немає необхідності із затравочної суспензії готувати маточний утфель з кристалами біля 0,3 мм в окремому проміжному апараті. Це обумовлено тим, що затравочна суспензія подається у вже пересичений сироп, і її кристали відразу починають рости у вакуум-апараті.

Маточний утфель для І кристалізації повинен відповідати особливим вимогам, тому метод його підготовки достатньо складний і вимагає додаткового обладнання. Ідея його полягає в тому, що процес початкового кристалоутворення та закріплення кристалів виділяється із циклу отримання утфелю в окремий процес підготовки маточного утфелю.

Процес полягає в наступному. Сиропом із вмістом 75-78 % Ср заповнюється спеціальний охолоджуючий кристалізатор, обладнаний пристроєм для інтенсивного перемішування і поверхнею теплообміну, в яку подається охолодна вода. При досягненні сиропом ступеню пересичення 1,1 в нього вводять затравочну пасту з кристалами 10-15 мкм і при подальшому охолодженні та інтенсивному перемішуванні суспензії ( обов'язково при низькому і постійному, в інтервалі 1,05-1,10 пересиченні) нарощують кристали до розмірів 100-120 мкм. Одержаний в охолоджуючому кристалізаторі початковий утфель відрізняється високою рівномірністю кристалів і не містить конгломератів. Для одержання маточного утфелю для І кристалізації початковий холодний утфель спрямовують в окремий вакуум-

									Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						32

апарат, де нарощують кристали до розмірів 200-350 мкм, і вже після цього використовують в ролі маточного утфелю для одержання утфелю I кристалізації.

Автори показують [13] , що однією із основних умов забезпечення рівномірних кристалів цукру при одержанні утфелю є створення у вакуум-апараті кристалічної основи, що складається із суворо визначеного числа зародків однакового розміру.

Зусиллями працівників УкрНДЦП та ВНПП „Магмас" була розроблена технологія приготування твердо пластичної затравочної пасти [14] . Цей твердий посівний матеріал являє собою готовий продукт, що не потребує спеціальної підготовки перед внесенням у вакуум-апарат. Містить мікро кристали цукру високого ступеню рівномірності в легкоплавкому твердому наповнювачі, в якості якого використовується поверхнево-активна речовина АМГД (ацетильований моно гліцерид дистильований). Така „тверда" суспензія сформована у вигляді циліндрів заданої маси, може зберігатись без зміни властивостей до 18 місяців.

Твердопластична затравочна паста дозволяє отримати в утфелі кристали високого ступеню рівномірності з мінімальним вмістом конгломератів, зменшити витрати води на промивання цукру, збільшити вихід кристалічного цукру на 3 %.

Витрати затравочної пасти на один цикл визначають із співвідношення 1,0-1,5 г на 1 т готового утфелю у вакуум-апараті (для утфелю I кристалізації). Для утфелів II і III кристалізації дозу збільшують в 1,5 рази.

Незважаючи на складність процесу підготовки маточного утфелю, його якісні показники (рівномірність кристалів, відсутність конгломератів) дозволяють збільшити продуктивність вакуум-апаратів, зменшити витрати

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

пари при одержанні утфелів, і, головне, збільшити вихід кристалічного цукру при центрифугуванні.

Одним із напрямків подальшої інтенсифікації процесів, що відбуваються в продуктовому відділенні, є додаткова кристалізація цукру із утфелю його охолодженням в кристалізаторах під вакуумом, яка отримує все більшого розповсюдження в цукровій промисловості Франції, Німеччини, Італії. За рахунок охолодження утфелю і додаткового випарювання води зменшується розчинність цукру, збільшується пересичення розчину, що підвищує ефект кристалізації без додаткових витрат тепла.

Об'єднання трьох факторів, що забезпечують кристалізацію цукрози (охолодження, випарювання води, перемішування утфелю), досягнуто в апаратурному оформленні, яке отримало назву Multistage Ebulism Tank (MET) або трьохступінчастий вакуумний кристалізатор - охолоджувач.

Вакуумний кристалізатор - охолоджувач має вертикальний корпус, розділений на три секції, кожна з яких обладнана мішалкою, патрубками для введення цукромісних розчинів і води, клапаном для вивантаження утфелю і водяною „сорочкою" під конічним дном. В кожній секції підтримується автономний тиск і відповідна температура. Кристалізатор-охолоджувач працює в безперервному режимі, який регулюється системою управління, що підтримує на постійному рівні вихід утфелю, ступінь охолодження, витрати сиропу ат відтоків, вміст сухих речовин в них. Середня тривалість перебування утфелю, необхідна для росту кристалів, складає не більше 35 хв. для всіх трьох секцій, тобто для всієї установки.

Трьохступінчастий кристалізатор - охолоджувач працює за наступним принципом: в умовах поступового зниження тиску відбувається випарювання води і охолодження утфелю. Поступова дегідратація та зниження температура приводять до пересичення, що, в свою чергу, веде до утворення кристалів цукру. При цьому виток останньої фази кристалізації повинен

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

обов'язково повертатися в установку для підтримання кількості кристалів на необхідному рівні. Трьохступінчасті вертикальні вакуумні кристалізатори - охолоджувачі МЕТ встановлені та успішно використовуються на ряді цукрових заводів Італії.

В процесі експлуатації кристалізаторів - охолоджувачів МЕТ встановлені наступні переваги:

- збільшення виходу кристалічного цукру в порівнянні з традиційними апаратами, що пов'язане з явищем само випаровування при переході до нового рівноважного стану внаслідок різниці абсолютних тисків між входом і виходом вакуумного кристалізатора - охолоджувача;
- зменшення забарвленості цукру внаслідок того, що кристалізація проводиться при понижених температурах;
- підвищення виходу цукру завдяки центрифугуванню утфелю з температурою нижчою за звичайну.

Фірмою Берген-Сей [14] розроблена технологія використання горизонтальних вакуумних кристалізаторів - охолоджувачів, яка пройшла попередні випробування на рафінадному заводі Нант. За результатами випробувань була створена двохступінчаста установка безперервних вакуумних кристалізаторів - охолоджувачів. Вона працювала на протязі всього виробничого сезону і замінила одну ступінь кристалізації.

Горизонтальний кристалізатор - охолоджувач заповнюється тільки на 50-60 %, що дозволяє отримати велику поверхню випарювання. Введення витоків в апарат здійснюється в чотирьох місцях: перше - в місці надходження утфелю, три інших розподілені таким чином, щоб уникнути пересичення.

### Ієрархічна тривірнева структура АСУ ТП

						Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			35

Найчастіше розподілені АСУ ТП мають трирівневу структуру. Приклад структурної схеми комплексу технічних засобів такої системи наведено на малюнку 1.5.

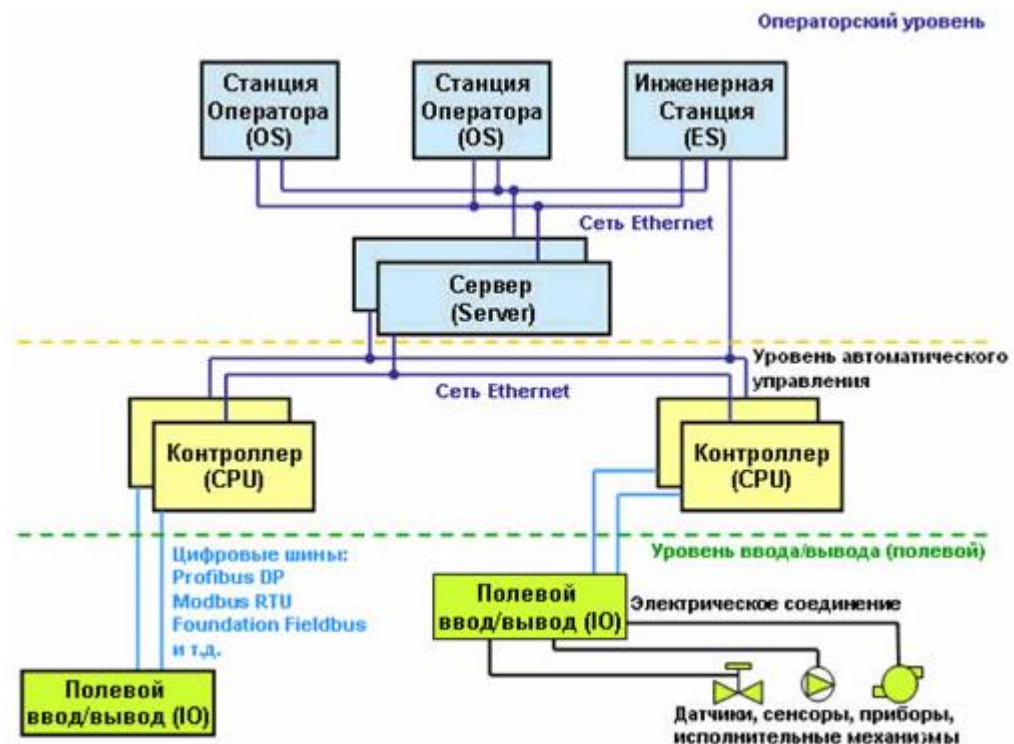


Рис.1.5 Приклад структурної схеми розподіленої АСУ ТП

На верхньому рівні за участю оперативного персоналу вирішуються завдання диспетчеризації процесу, оптимізації режимів, підрахунку техніко-економічних показників виробництва, візуалізації та архівування процесу, діагностики і корекції програмного забезпечення системи. Верхній рівень АСУТП реалізується на базі серверів, операторських (робочих) і інженерних станцій.

На середньому рівні - завдання автоматичного управління і регулювання, пуску і зупинки устаткування, логіко-командного управління, аварійних відключень і захистів. Середній рівень реалізується на основі ПЛК.

Нижній (польовий) рівень АСУ ТП забезпечує збір даних про параметри технологічного процесу і стану обладнання, реалізує управлінський вплив. Основними технічними засобами нижнього рівня є датчики і виконавчі пристрої, станції розподіленого вводу / виводу, пускачі, кінцеві вимикачі, перетворювачі частоти.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

### Рівень введення / виведення (польовий рівень)

Вхідні сигнали від датчиків та управляючі на виконавчі механізми можуть подаватися безпосередньо на ПЛК (надходити від ПЛК). Однак якщо ТООУ має значну територіальну протяжність, це зажадає довгих кабельних ліній від кожного пристрою до ПЛК. Таке технічне рішення може виявитися не раціональним з двох причин:

- висока вартість кабельної продукції;
- зростання рівня електромагнітних завад з ростом довжини ліній.

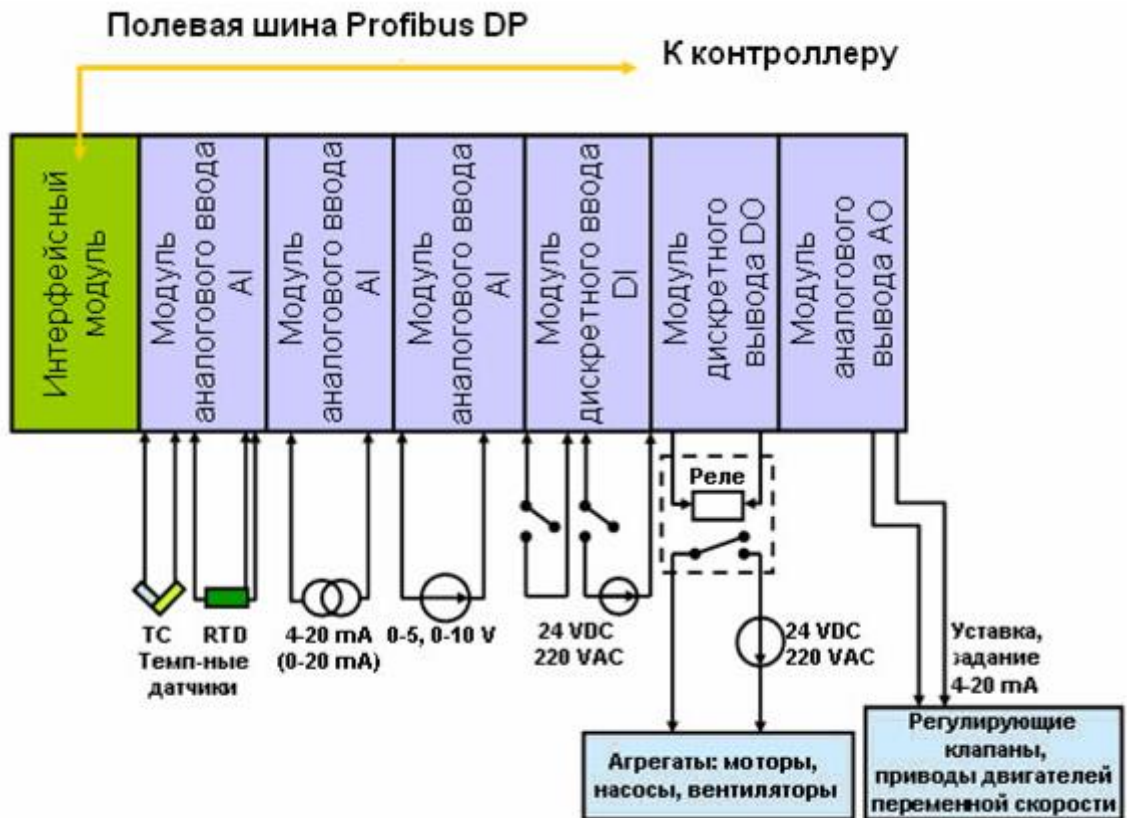
Більш раціональним в такій ситуації є використання станцій розподіленої периферії, розташованих в безпосередній близькості до датчиків і виконавчих механізмів. Такі станції містять необхідні модулі введення і виведення, а також інтерфейсні модулі для підключення до ПЛК через цифрову польову шину (наприклад, з використанням протоколу Profibus DP, або Modbus RTU). Цифрова передача всіх сигналів здійснюється по одному кабелю з високим рівнем перешкодозахищеності. До польової шини можуть безпосередньо підключатися також так звані інтелектуальні датчики і виконавчі пристрої (мають в своєму складі контролери та інші блоки, що забезпечують перетворення сигналу в цифрову форму і реалізують обмін даними через польову шину).

Спрощена схема введення / виведення з використанням станції розподіленої периферії приведена на малюнку 2. Польова шина Profibus DP (Process field bus Distributed Periphery) дозволяє з'єднати до 125 пристроїв, до 32 на сегмент (ПЛК, станцій розподіленої периферії, інтелектуальних датчиків і виконавчих пристроїв). Станція розподіленої периферії складається з трьох основних компонентів:

- базової панелі (Baseplate), на яку в спеціальні слоти встановлюють модулі вводу / виводу і інтерфейсні модулі, або спеціальної профільної шини, на яку кріпляться модулі;
- модулів введення / виведення (I / O Modules);

						Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

- інтерфейсних модулів (Interface modules), що забезпечують обмін даними з ПЛК через цифрову польову шину.



Мал. 2 Схема вводу / виведення з використанням станції розподіленої периферії

Кількість слотів під установку модулів може бути різним (найчастіше від 2 до 16). Крайній лівий слот зазвичай використовується для установки інтерфейсного модуля. Блок живлення може бути встановлений на базовій панелі або може бути використаний окремий (зовнішній) блок. У середині базової панелі проходять дві шини: одна служить для подачі живлення на встановлені модулі; інша - для інформаційного обміну між модулями.

На малюнку 3 приведено фото вузла розподіленого вводу / виводу моделі 2500 фірми Eurotherm. На базовій панелі розташовано 8 модулів введення / виведення і інтерфейсний модуль Profibus DP, блок живлення - зовнішній. На малюнку 1.6 наведено фото станції розподіленої периферії

фірми Vira ET 200M. На базовій панелі 6 сигнальних модулів (модулів введення / виведення) 1 інтерфейсний модуль Profibus DP (крайній зліва) і блок живлення.



Рис.1.6 Вузол розподіленого вводу / виводу фірми Eurotherm



Рис.1.7 Станція розподіленої периферії ET200M фірми Vira  
Сигнальні модулі (модулі вводу / виводу)  
Модулі вводу / виводу бувають 4 типів:

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

1) Сигнальні модулі аналогового вводу (AI, analogue input). Вони приймають від датчиків, підключених до його входів, електричні сигнали уніфікованого діапазону, наприклад:

- 0-20 або 4-20 mA (струмовий сигнал);
- 0-10 V або 0-5 V (потенційний сигнал);
- сигнали від термопар (ТС) вимірюються мілівольтах;
- сигнали від термосопротивлений (RTD).

2) Сигнальні модулі дискретного введення (DI, discrete input). Приймають від датчиків дискретний електричний сигнал, який може мати тільки два значення: або 0 або 24 V (в окремих випадках 0 або 220 V). Вхід модуля DI також може реагувати на замикання / розмикання контакту в підключеної до нього ланцюга. До DI зазвичай підключають датчики контактного типу, кнопки ручного управління, статусні сигнали від систем сигналізації, приводів, які позиціонують пристроїв і т.д.

Припустимо, у нас є насос. Коли він не працює, його статусний (вихідний) контакт розімкнений. Відповідний дискретний вхід сигнального модуля DI знаходиться в стані "0". Як тільки насос запустили, його статусний контакт замикається, і напруга 24 V йде на клеми входу DI. Модуль, отримавши напругу на дискретній вході, переводить його в стан "1".

3) Сигнальні модулі дискретного виводу (DO, discrete output). Залежно від внутрішнього логічного стану виходу ("1" або "0") встановлює на клеммах дискретного виходу напруга 24 V або 0 V відповідно. Є варіант, коли модуль в залежності від логічного стану виходу просто замикає або розмикає внутрішній контакт (модуль релейного типу). Модулі DO можуть управляти приводами, відсічними клапанами, запалювати світлосигнальні лампочки, включати звукову сигналізацію і т.д.

4) Сигнальні модулі аналогового виведення (AO, analogue output) використовуються для подачі струмового сигналу на виконавчі механізми з аналоговим сигналом, що управляє. Припустимо, що регулює клапан з керуючим входом 4-20 mA необхідно відкрити на 50%.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Відповідність діапазону електричного сигналу між виходом модуля і входом підключеного до нього виконавчого механізму обов'язково. Модуль введення / виводу також характеризується каналний - числом входів / виходів, а, отже, і кількістю сигнальних ланцюгів, які до нього можна підключити. Наприклад, модуль AI4 - це двоканальний модуль аналогового введення. До нього можна підключити 4 датчика. DI16 - модуль дискретного введення, що має шістнадцять каналів. До нього можна підключити 16 статусних сигналів від технологічних агрегатів.

У сучасних системах розташування модулів введення / виведення на базовій платі строго не регламентовано, і їх можна встановлювати в довільному порядку. Однак один або кілька слотів, як правило, зарезервовані під установку комунікаційного модуля. Іноді можлива установка відразу двох комунікаційних модулів, що працюють паралельно. Це робиться для підвищення відмовостійкості системи введення / виводу.

Одним їх жорстких вимог, що пред'являються до сучасних підсистем введення / виведення, є можливість "гарячої" заміни модулів без відключення живлення (функція hot swap).

Комунікаційні модулі забезпечують обмін даними між ПЛК, станціями розподіленої периферії, інтелектуальними датчиками і виконавчими пристроями. Модулі підтримують один з комунікаційних протоколів:

- Profibus DP;
- Profibus PA;
- Modbus RTU;
- HART;
- CAN і ін.

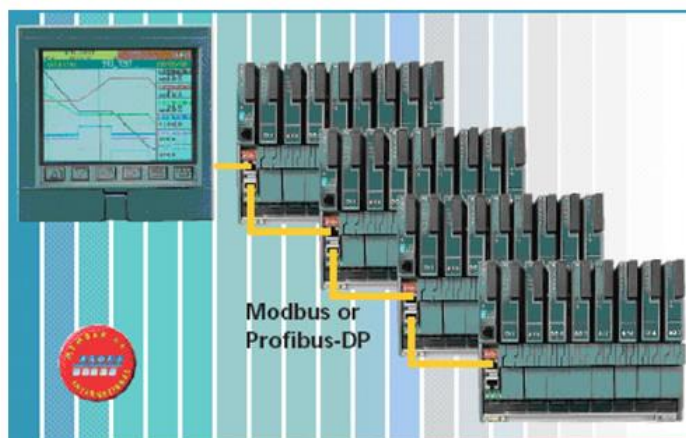
Обмін інформацією, як правило, здійснюється з використанням механізму провідний-ведений (master-slave). Тільки ведучий пристрій на шині може ініціювати обмін даними. Ведені пристрої пасивно прослуховують всі дані, що йдуть по шині, і тільки в разі отримання запиту від ведучого пристрою відправляють назад відповідь. Кожен пристрій на

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

шині має свою унікальну мережеву адресу, необхідний для однозначної ідентифікації. Вузли введення / виведення, як правило, є веденими пристроями, в той час як контролери - провідними.

На малюнку 1.8 показана цифрова польова шина, яка об'єднує один контролер (з монітором) і чотири вузли введення / виведення. Кожен пристрій, підключений до шини, має свою унікальну адресу. Нехай, наприклад, ПЛК з адресою 1 хоче вважати показання датчика тиску. Датчик підключений до станції розподіленої периферії з мережевою адресою 5, к модулю AI, розташованому в слоті 6, вхідний канал 12. Тоді ПЛК формує і відправляє по шині запит такого змісту:

Узел=1	-	-	Запись выполнена	-
--------	---	---	------------------	---



Мал.1.8 Підключення ПЛК і станцій розподіленої периферії до польової шини

Кожен вузол прослуховує всі запити на шині. Вузол 5 дізнається, що запит адресовано йому, зчитує показання датчика і формує відповідь у вигляді наступного повідомлення:

Узел=1	-	-	Статус "считано"	Данные с датчика
--------	---	---	------------------	------------------

Контролер, отримавши відповідь від відомого пристрою, зчитує поле даних з датчика і виконує відповідну обробку. Нехай, наприклад, після обробки даних ПЛК виробляє керуючий сигнал на відкриття клапана на 50%.

Керуючий вхід клапана підключений до другого каналу модуля АО, розташованого в слоті 3 вузла 7. ПЛК формує команду такого змісту:

Узел=5	Слот=6	Канал=12	Команда "считать"	-
--------	--------	----------	-------------------	---

Вузол 7, прослуховуючи шину, зустрічає адресовану йому команду. Він записує уставку 50% в реєстр, відповідний слоту 3, каналу 2. При цьому модуль АО формує на виході 2 необхідний електричний сигнал. Після чого вузол 7 висилає контролера підтвердження успішного виконання команди.

Узел=7	Слот=3	Канал=2	Команда "записать"	Значение=50%
--------	--------	---------	--------------------	--------------

Контролер отримує відповідь від вузла 7 і вважає, що команда виконана. Це всього лише спрощена схема взаємодії контролера з вузлами введення / виведення. У реальних АСУ ТП, поряд з розглянутими вище, використовується безліч діагностичних, керуючих і сервісних повідомлень. Хоча сам принцип "запит-відповідь" ( "команда-підтвердження"), реалізований в більшості польових протоколів, залишається незмінним.

Нагадаємо ще раз, що поряд з розглянутої вище схемою введення / виведення в АСУ ТП можуть застосовуватися схеми введення / виводу через сигнальні модулі, встановлені безпосередньо в слоти (або на профільну шину) ПЛК (без використання станцій розподіленої периферії).

### **Обробка аналогових сигналів в процесі введення в контролер**

Для введення аналогового сигналу в контролер і його подальшої обробки, він повинен бути оцифрований, тобто перетворений в цифровий код. Процес обробки сигналу від аналогового датчика до використання в контролері схематично показаний на малюнку 1.9.



Рис.1.9 Схема обробки аналогового сигналу при введенні в контролер

Сигнали від датчиків доводяться до нормованого рівня (4 - 20 mA, 0 - 10 V) нормується перетворювачами (НП) і проходять етап аналогової фільтрації. Аналогові фільтри дозволяють усунути високочастотні шуми, які можуть бути викликані, наприклад, електромагнітними перешкодами при передачі сигналу по кабелю.

Необхідно відзначити, що сигнал повинен бути відфільтрований від високочастотних шумів до цифрової обробки в контролері. Це є необхідною умовою правильного вибору періоду дискретизації при введенні сигналу. Справа в тому, що для адекватного відновлення вихідного аналогового сигналу по дискретним даними, частота дискретизації повинна не менше ніж у два рази перевищувати найвищу частоту в спектральному розкладанні введеного сигналу (спектральний склад може бути отриманий в результаті розкладання сигналу в ряд Фур'є). При більш низькій частоті дискретизації у відновленому сигналі з'явиться помилкова складова (так звана псевдочастота), яку неможливо детектувати і усунути на етапі цифрової обробки. Найвищий високочастотного шуму зажадає дуже високої частоти

дискретизації (частоти опитування датчика), що буде невиправдано завантажувати контролер.

Відфільтровані сигнали від датчиків надходять на аналоговий мультиплексор, основне призначення якого - послідовне підключення сигналів від N датчиків до пристрою вибірки-зберігання (ПВЗ) і аналого-цифровому перетворювача (АЦП) для подальшої обробки. Така схема дозволяє істотно знизити загальну вартість системи введення за рахунок застосування тільки одного ПВЗ і АЦП на всі канали аналогового введення. ПВЗ запам'ятовує миттєве значення сигналу в момент підключення датчика і утримує його постійним на свій вихід на час перетворення в АЦП.

У контролері введений цифровий сигнал перевіряється на фізичну достовірність і, при необхідності, проходить етап цифровий (програмної) фільтрації.

Основні пріоритети координації: узгодження, збалансованість, рівновага, страхування, резервування, керованість. Координація здійснюється на основі інформації за допомогою організаційних структур, а також за допомогою створення робочих груп, інформаційних систем, призначення координатора.

За своїм характером координаційна діяльність буває:

- превентивна, тобто спрямована на передбачення проблем і труднощів;
- усуваюча, тобто призначена для усунення перебоїв, що виникають у системі;
- регулююча, тобто сприяюча збереженню існуючої схеми роботи;
- стимулююча, тобто поліпшує діяльність системи або існуючої організації навіть за відсутності конкретних проблем.

Для виконання даної функції використовуються:

Всілякі документальні джерела (звіти, доповідні, аналітичні матеріали);

Результати обговорення виникаючих проблем на нарадах, зборах, і т.д. ;

Технічні засоби зв'язку, що допомагають швидко реагувати на відхилення в нормальному ході робіт в організації.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



5) створення ефективної підсистеми операторського контролю та диспетчеризації на виробництві;

6) створення 3ох рівневої промислової мережі, яка забезпечує зв'язок між засобами польового рівня, ПЛК (програмованими логічними контролерами відділень виробництва хліба) та робочими місцями операторів відділень

7) ведення архіву, що відображає технологічні дані про стан виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Parmenter D. Key Performance Indicators (KPI) : Developing,Implementing, and Using Winning KPIs. / David Parmenter. – Chichester: Wiley, 2010. – 322 с. – (Second Edition; кн. 1002611247).
2. Індустрія 4.0 – що це таке та навіщо це Україні [Електронний ресурс] // Асоціація Підприємств Промислової Автоматизації України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://appau.org.ua/publications/industriya-4-0-shho-tse-take-ta-navishho-tse-ukrayini/>. (дата звернення 20.04.2018). -Назва з екрану.
3. Харчова промисловість України в умовах активізації інтеграційних та глобалізаційних процесів: монографія / за ред. доктора економічних наук, професора Л.В. Дейнеко. – К.: Рада по вивч. прод. Сил України НАН України, 2009. – 152 с.
4. Стратегія економічного розвитку України: Наук. зб. Вип. 4 / Відп. ред. О.П. Степанов. – К.: КНЕУ, 2001. – 360 с.
5. Розвиток харчової промисловості України в умовах ринкових перетворень: Проблеми теорії і практики. – К.: Знання, 1999. – 331 с. – Бібліогр.: с. 287-309. – Парал. тит. арк. англ.
6. Національне господарство України: теорія та практика управління: зб. Наук. Праць – К.: Рада по вивченню продуктових сил України НАН України, 2010 – 268 с.
7. Kamal R. Internet of Things / Raj Kamal., 2017. – 604 с. – (Architecture and Design Principles).
8. ISA-88. Стандарт управління рецептурним виробництвом [Електронний ресурс] // Асоціація Підприємств Промислової Автоматизації України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://appau.org.ua/news/isa-88-standart-upravleniyya-retsepturnymproydzvodstvom/>. (дата звернення 20.04.2018). - Назва з екрану. 128

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

9. ISA95, Enterprise-Control System Integration [Електронний ресурс] // The International Society of Automation. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.isa.org/isa95/>. (дата звернення 20.04.2018). - Назва з екрану.
10. ISA106, Procedure Automation for Continuous Process Operations [Електронний ресурс] // The International Society of Automation. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.isa.org/isa106/> (дата звернення 5.04.2018) - Назва з екрану.
11. Roebuck K. Scada : High-impact Strategies - What You Need to Know: Definitions, Adoptions / Kevin Roebuck. – Dayboro: Emereo pty Limited, 2011. – 166 с.
12. Manufacturing execution system [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Manufacturing\\_execution\\_system](https://uk.wikipedia.org/wiki/Manufacturing_execution_system) (дата звернення 7.04.2018) - Назва з екрану.
13. SAP SE [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SAP> (дата звернення 12.04.2018) - Назва з екрану.
14. Gryntsevych S. Industry 4.0 landscape in Ukraine 2017 – версія 1.0 [Електронний ресурс] / Svitlana Gryntsevych // Індустрія 4.0 в Україні. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2017/09/19/industry-4-0-landscape-ukraine-2017-version-1-0/> (дата звернення 10.04.2018) - Назва з екрану.
15. Сайт компанії [Електронний ресурс] // MESA International – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mesa.org/en/index.asp>.
16. Сайт компанії [Електронний ресурс] // The International Society of Automation – Режим доступу до ресурсу: <https://www.isa.org/>.
17. Сайт компанії [Електронний ресурс] // American National Standards Institute (ANSI). – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ansi.org/>.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

## 2. ЗАГАЛЬНО-СИСТЕМНІ РІШЕННЯ ПО СТВОРЕННЮ СИСТЕМИ

### 2.1. Розробка загальної моделі ієрархії обладнання

Під час розробки загальної моделі ієрархії при виборі обладнання повинна бути оцінена фізична структура заводу (рис.2.1). Зокрема, для маршрутизації партії мають важливе значення витратні можливості між обладнанням або можливість виділення загального обладнання.

Відповідно до 1-ї частини стандарту апаратурні об'єкти означаються як ієрархічні. Ця ієрархія моделюється за допомогою рекурсивної природи об'єктів. Ця конструкція дозволяє конфігурації розширюватися і згортатися.

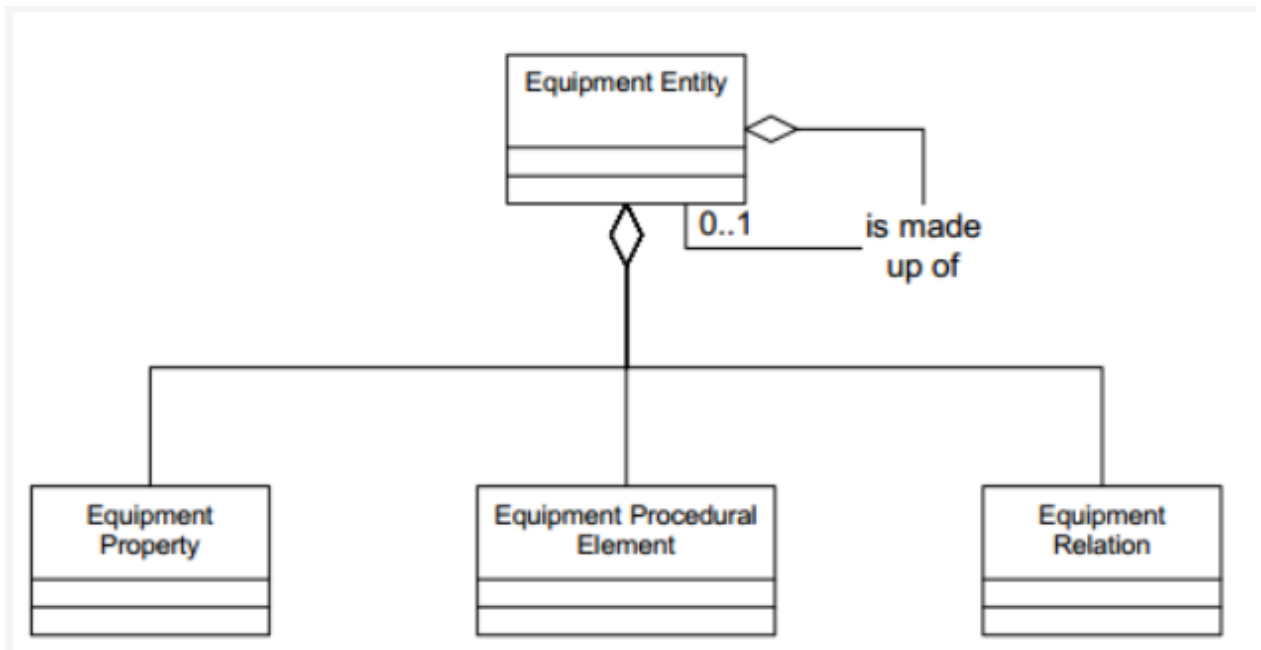


Рис2.1 Приклад розробки фізичної структури підприємства

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Дудка К.О.			Розробка комп'ютерно - інтегрованої системи виробництва цукру з підсистемою керування якістю вакуум – апарата першого продукту	Літ.	Арк.	Акрушіє
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.				<b>НУХТ ІА-2-2М</b>		
Секретар		Проскурка Є.С.				50		

Обладнання, наприклад, в технологічній комірці (тобто апарати, агрегати, модулі керування), як правило, пов'язані один з одним трубами або іншими з'єднаннями (*connections*). Ці з'єднання можуть бути змодельовані як *апаратні співвідношення (equipment relations)*. Вони опційно можуть мати напрямок (наприклад, напрямок потоку). З'єднання (наприклад, труби) є частиною апаратного об'єкту більш високого рівня. Співвідношення можуть бути легко класифіковані в *класах співвідношення (relation classes)* і це забезпечує послідовне оцінювання. Апаратні співвідношення включають в себе:

- a) постійне з'єднання (permanent connection);
- b) тимчасове з'єднання (temporary connection);
- c) можуть бути використані в якості ресурсу;
- d) завжди працюють з одним і тим самим продуктом;

Зверніть увагу, що можуть бути доступними інші співвідношення, відмінні від з'єднання.

Обладнання може мати властивості (properties). Властивості специфічні для кожної реалізації. Властивості обладнання можуть бути використані для перевірки характеристик обладнання та відповідності рецептурним вимогам до обладнання.

**Класи обладнання (Equipment classes)** (дивись рис.2.2) забезпечують засоби для групування апаратних об'єктів за загальними характеристиками. Апаратні об'єкти можуть бути членами одного або декількох класів обладнання, або вони не можуть належати до класу взагалі. Класи обладнання можуть бути використані для визначення груп апаратів, і вони можуть бути використані в якості альтернативи при виборі обладнання. Наприклад, рецепт для виконання процедури апарату може потребувати реактор, тому його вимоги до обладнання можуть вказувати на конкретний реактор (наприклад, R-101), на набір реакторних апаратів (наприклад, R-101, R-103) або на клас реакторів (наприклад, клас "Реактор", який містить реактори R101, R- 102 і R-103).

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Апаратурні об'єкти можуть бути членами класу обладнання, а клас визначає деякі з властивостей членів класу. Як приклад, деякі властивості обладнання (наприклад, скляна оболонка) використовуються спільно з класом.

Апаратурні об'єкти можуть належати нулю або більше класів обладнання (наприклад, ємність BV1 може використовуватися і як реактор, і як збірник).

Класи обладнання можуть визначити деякі або всі властивості обладнання, апаратурні процедурні елементи та апаратурні співвідношення апаратурних об'єктів, які на нього посилаються.

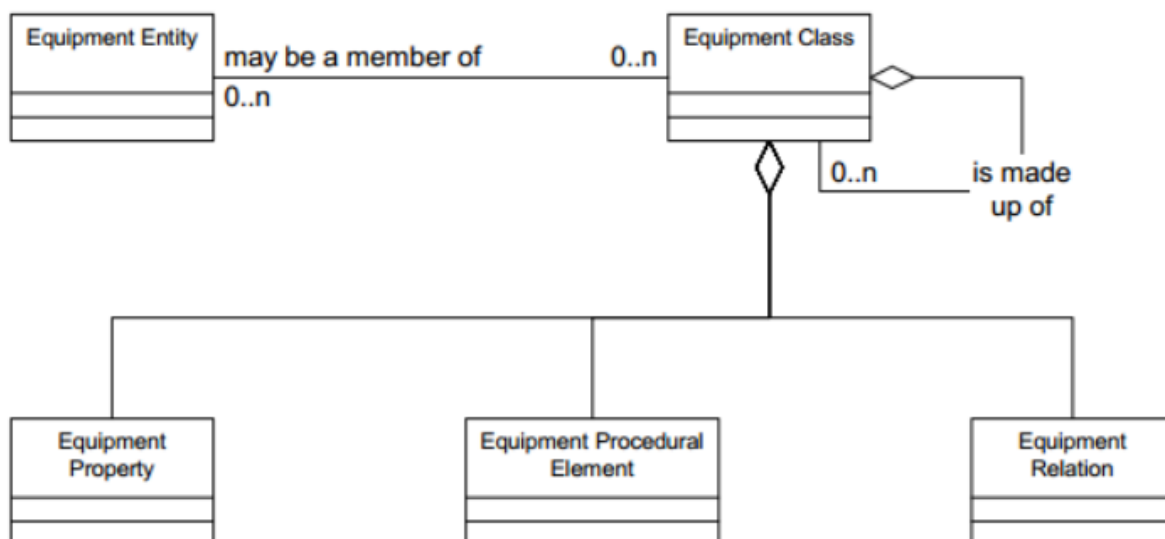


Рис.2.2. Класи обладнання

На рис.2.3 показана загальна ієрархічна модель обладнання цукрового заводу із деталізацією на рівні кристалізаціного відділення.

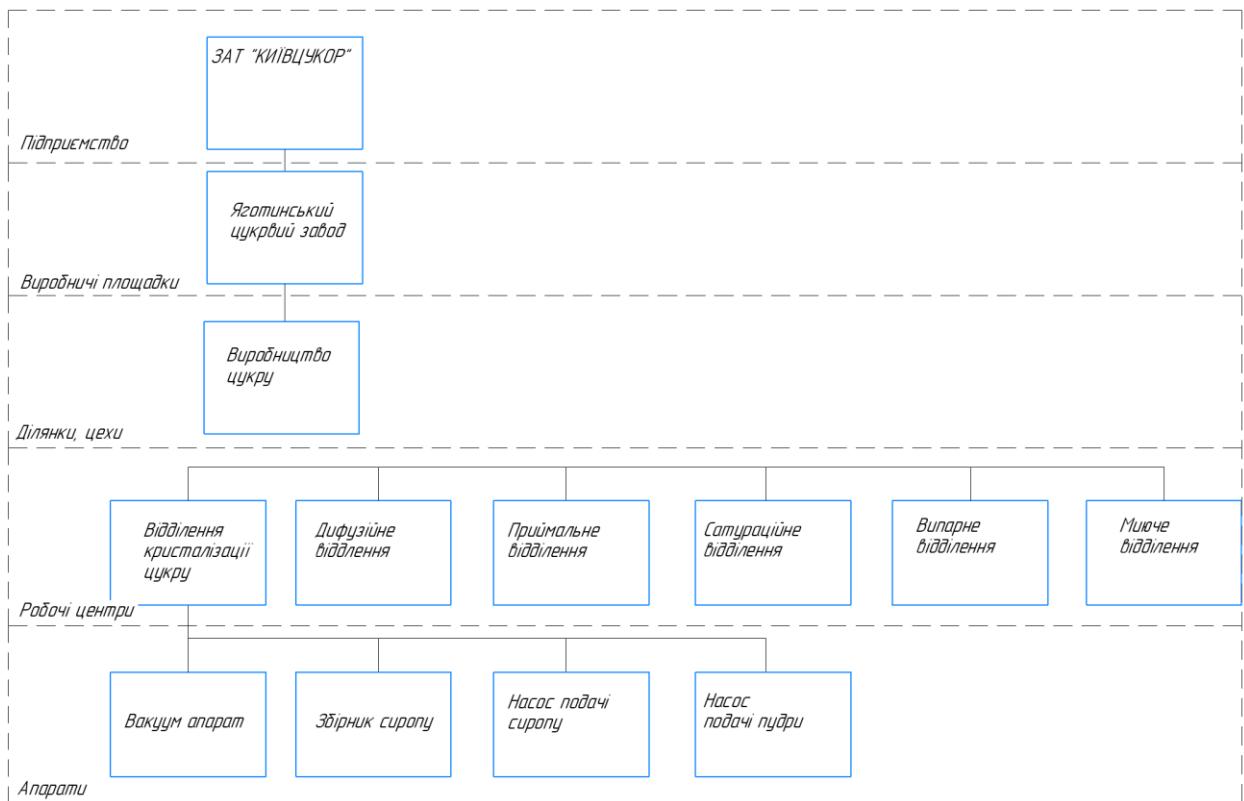


Рис.2.3 Загальна ієрархічна модель обладнання цукрового заводу із деталізацією на рівні кристалізаційного відділення

## 2.2 Схеми функціональної структури АСУ виробництвом цукру

Схеми функціональної структури (рис.2.4) відображає функціональні складові підприємства на трьох рівнях: 0-й рівень – рівень польових засобів, 1-й рівень – контролерів, 2-й рівень – рівень SCADA/HMI, 4-й рівень – рівень управління виробництвом. На схемі зображено функціональну структуру виробництва цукру. В таблиці 2.1 наведено умовні позначення до схеми функціональної структури.

Функціональна структура виробництвом цукру повинна мати 4-рівневу структуру:

- рівень датчиків (датчики, частотні перетворювачі (PDS), розподілені засоби вводу/виводу (RIO));
- рівень контролерів ;
- рівень SCADA/HMI;
- рівень управління виробництвом.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						53

Система повинна бути функціонально та технічно розподіленою. При відсутності зв'язку всі підсистеми повинні працювати незалежно одна від одної.

Рівень управління виробництвом повинен включати робочу станцію головного технолога (диспетчерсько-координуючу станцію) для контролю за основними виробничими параметрами та технологічний сервер (ТС) для ведення архіву по параметрам виробництва.

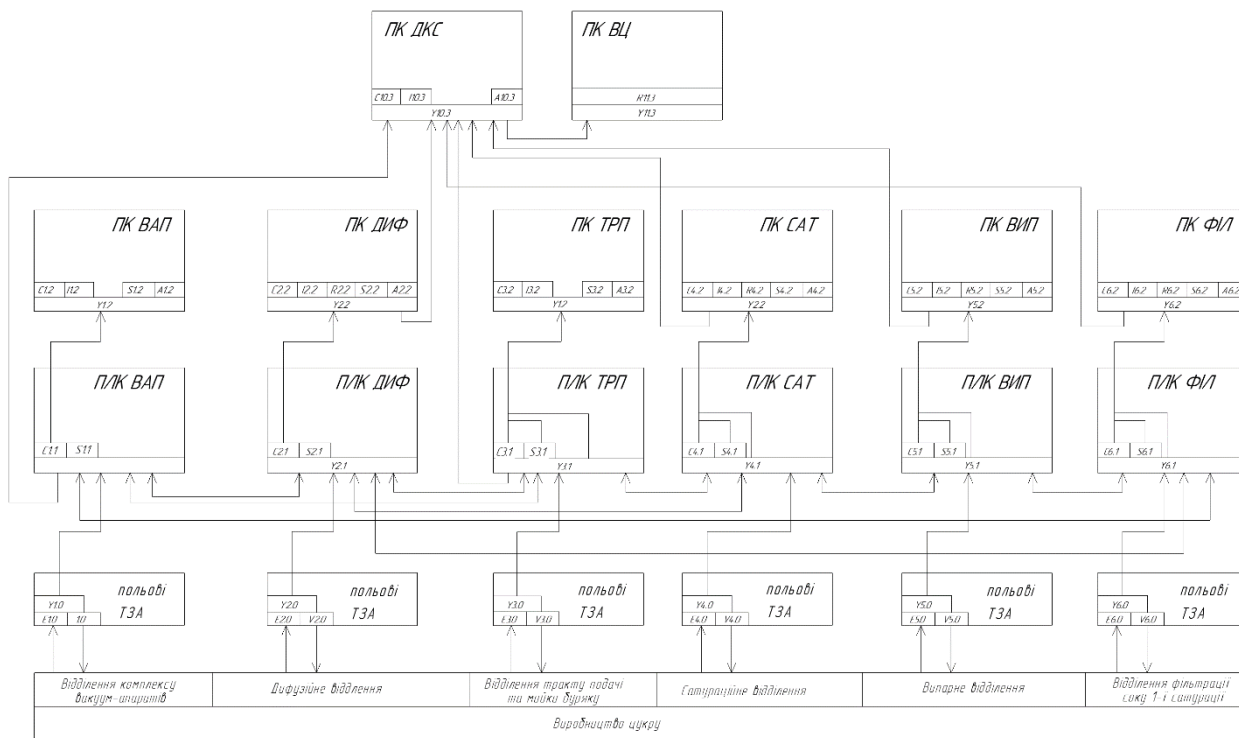


Рис.2.4 Схема функціональної структури АСУТП виробництва цукру

Таблиця 2.1. Пояснення до умовних позначень схеми функціональної структури

№ п/п	Позначення	Найменування
1	Польові ТЗА	Технічні засоби автоматизації, які відносяться до польового рівня
2	ПЛК ВАП	мікропроцесорний контролер для відділення вакуум-апаратів
3	ПЛК ДИФ	мікропроцесорний контролер дифузійного відділення
4	ПЛК ТРП	мікропроцесорний контролер тракту подіча буряків та мийки

Продовження таблиці 2.1. Пояснення до умовних позначень схеми функціональної структури

№ п/п	Позначення	Найменування
5	ПЛК САТ	мікропроцесорний контролер сатураційного відділення
6	ПЛК ВИП	мікропроцесорний контролер випарного відділення
7	ПЛК ФІЛ	мікропроцесорний контролер фільтраційного відділення
8	ПК ВАП	АРМ оператора відділення вакуум-апаратів (на базі комп'ютера)
9	ПК ДИФ	АРМ оператора дифузійного відділення (на базі комп'ютера)
10	ПК ТРП	АРМ оператора відділення тракту подачі та мийки буряку (на базі комп'ютера)
11	ПК САТ	АРМ оператора сатураційного відділення (на базі комп'ютера)
12	ПК ВИП	АРМ оператора випарного відділення (на базі комп'ютера)
13	ПК ФІЛ	АРМ оператора фільтраційного відділення (на базі комп'ютера)
14	ПК ДКС	диспетчерсько-координуюча станція - АРМ начальника зміни на базі комп'ютера
15	ТС ВЦ	технологічний сервер виробництва цукру - сервер архівів основних виробничих параметрів
16	E1.0, E2.0, E3.0, E4.0, E5.0, E6.0	вимірювальне перетворення
17	V1.0, V2.0, V3.0, E4.0, V5.0, V6.0	управління технологічним обладнанням та виконавчими механізмами
18	Y1.0, Y1.1, Y1.2, Y2.0, Y2.1, Y2.2, Y3.0, Y3.1, Y3.2, Y4.0, Y4.1, Y4.2, Y5.0, Y5.1, Y5.2, Y6.0, Y6.1, Y6.2, Y10.3, Y11.3	перетворення та обробка інформації
19	C1.1, C2. 1, C3.1, C4.1, C5.1, C6.1	автоматизоване регулювання, управління технологічним процесом

Продовження таблиці 2.1. Пояснення до умовних позначень схеми функціональної структури

№ п/п	Позначення	Найменування
20	C1.2, C2.2, C3.2, C4.2, C5.2, C6.2	дистанційне управління, формування завдання, настройка регуляторів
21	S1.1, S2.1, S3.1, S4.1, S5.1, S6.1	автоматизоване включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач
22	S1.2, S2.2, S3.2, S4.2, S5.2, S6.2	дистанційне включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач, зміна режимів роботи регуляторів
23	I1.2, I2.2, I3.2, I4.2, I5.2, I6.2	відображення для контролю за технологічним процесом

Арк.

Кваліфікаційна робота

55

24	I10.3	відображення для диспетчерського контролю за виробничим процесом
25	R2.2, R4.2, R5.2, R6.2	реєстрація параметрів технологічного процесу
26	R11.3	реєстрація основних виробничих параметрів
27	A1.2, A2.2, A3.2, A4.2, A5.2, A6.2	контроль стану обладнання, технологічна сигналізація
28	A10.3	контроль виробничих параметрів, контроль якості виробництва

### 2.3. Опис функцій, що автоматизуються

В даному пункті описуються функції АСУТП основного відділення. Позначення «var.C1» являє собою об'єднання всіх функцій та задач, які виконуються в ПЛК відділення вакуум-апарату. Список цих функцій/задач з вказівкою вимог до періодичності виклику та закону регулювання наведений в табл. 2.2.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Таблиця 2.2 Перелік функцій та задач управління ПЛК вакуум-апарату (var.C1)

Позначення	Найменування функції/задачі	Закон/алгоритм	Період	Примітка
var.TC1	Регулювання температури в збірнику сиропу	PI	500 мс	
var.PC1	Регулювання тиску в випарній камері	PI	500 мс	
var.LC1	Регулювання рівня в збірнику сиропу	PI	500 мс	
var.LC1	Регулювання рівня в вакуум-апараті	P	500 мс	
var.QC1	Регулювання вмісту сухих речовин в вакуум-апараті	PI	500 мс	
var.VC1	Регулювання в'язкості утфелю в вакуум-апараті	PI	500 мс	

У табл.2.3 показаний список змінних для АСУТП ВАП. Кожний запис являє собою окрему змінну, а поля – функції та уточнення до їх виконання стосовно даної змінної. Для SCADA ВИП, в якості полів вказуються всі функції, які використовуються: для «var.Y2» вказується напрямок передачі даних; для «var.I2» – періодичність оновлення на екрані оператора.

Таблиця 2.3 Перелік змінних для АСУТП вакуум-апарату

№	Найменування змінної	Польові ТЗА ВАП		Інші системи	ПЛК ВАП		Інші системи	Scada ВАП							
		var.E0	var.V0		var.Y1	var.C1		var.Y2	var.I2	var.HC2	var.Rtr2	var.Rlog2	var.Alog2	var.Alog2	
1	L збірника сиропу	0-3м	-	-	IN	-	-	IN	1c	-	-	4c, 1mic	-	<0.3м, >2.6м	1mic
2	ЧПР насос подачі сиропу	-	0-650 об/хв	-	OUT	var.LC1	-	INOUT	1c	+	-	4c, 1mic	1mic	>600 об/хв	1mic
3	Рег L сиропу в збірнику Кр	-	-	-	-	var.LC1	-	INOUT	1c	+	-	4c, 1mic	1mic	-	1mic
4	Рег L сиропу в збірнику Кі	-	-	-	-	var.LC1	-	INOUT	1c	+	-	4c, 1mic	1mic	-	1mic
5	Рег L сиропу в збірнику р/а	-	-	-	-	var.LC1	-	INOUT	1c	+	-	4c, 1mic	1mic	-	1mic
6	Рег L сиропу в збірнику min	-	-	-	-	var.LC1	-	INOUT	1c	+	-	4c, 1mic	1mic	-	1mic
7	Рег L сиропу в збірнику max	-	-	-	-	var.LC1	-	INOUT	1c	+	-	4c, 1mic	1mic	-	1mic
8	L вакуум апарату min	0.3м	-	-	IN	-	-	IN	1c	-	-	4c, 1mic	-	-	1mic
9	L вакуум апарату max	4.5м	-	-	IN	-	-	IN	1c	-	-	4c, 1mic	-	-	1mic
10	Кл подачі сиропу в апарат	-	0-100 %	-	OUT	var.LC2	-	INOUT	1c	+	-	4c, 1mic	1mic	<10%, >90%	1mic

Продовження таблиці 2.3 Перелік змінних для АСУТП вакуум-апарату

№	Найменування змінної	Польові ТЗА ВАП		Інші системи	ПЛК ВАП		Інші системи	Scada ВАП							
		var.E0	var.V0		var.Y1	var.C1		var.Y2	var.I2	var.HC2	var.Rtr2	var.Rlog2	var.Alog2	var.Alog2	
11	T сиропу в збірнику	0-150 C	-	-	IN	-	-	IN	1c	-	-	4c, 1mic	-	<80C, >130C	1mic

					<i>Кваліфікаційна робота</i>					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						57

№	Найменування змінної	Польові ТЗА ВАП		Інші системи	ПЛК ВАП		Інші системи	Scada ВАП						
		var.E0	var.V0		var.Y1	var.C1		var.Y2	var.I2	var.HC2	var.Rtr2	var.Rlog2	var.Alog2	var.Alog2
12	Кл подачі пари в збірник	-	0-100 %	-	OUT	var.TC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	<10%, >90%	1mic
13	Рег Т сиропу в збірнику Кр	-	-	-	-	var.TC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
14	Рег Т сиропу в збірнику Кі	-	-	-	-	var.TC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
15	Рег Т сиропу в збірнику р/а	-	-	-	-	var.TC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
16	Рег Т сиропу в збірнику min	-	-	-	-	var.TC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
17	Рег Т сиропу в збірнику max	-	-	-	-	var.TC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
18	Р в вакуум-апараті	0-1 Мпа	-	-	IN	-	-	IN	1c	-	4c, 1mic	-	<0,3М Па, >0,75 МПа	1mic
19	Кл подачі пари в апарат	-	0-100 %	-	OUT	var.PC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	<10%, >90%	1mic
20	Рег Т сиропу в збірнику Кр	-	-	-	-	var.PC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
21	Рег Т сиропу в збірнику Кі	-	-	-	-	var.PC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
22	Рег Т сиропу в збірнику р/а	-	-	-	-	var.PC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
23	Рег Т сиропу в збірнику min	-	-	-	-	var.PC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
24	Рег Т сиропу в збірнику max	-	-	-	-	var.PC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
25	Q сух/реч в вакуум-апараті	0-100%	-	-	IN	-	-	IN	1c	-	4c, 1mic	-	<30%, >60%	1mic
26	Кл подачі пудри в апарат	-	0-100 %	-	OUT	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	<10%, >90%	1mic
27	Рег Q сух/реч в збірнику Кр	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
28	Рег Q сух/реч в збірнику Кі	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
29	Рег Q сух/реч в збірнику р/а	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
30	Рег Q сух/реч в збірнику min	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
31	Рег Q сух/реч в збірнику max	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic

### Продовження таблиці 2.3 Перелік змінних для АСУТП вакуум-апарату

№	Найменування змінної	Польові ТЗА ВАП		Інші системи	ПЛК ВАП		Інші системи	Scada ВАП						
		var.E0	var.V0		var.Y1	var.C1		var.Y2	var.I2	var.HC2	var.Rtr2	var.Rlog2	var.Alog2	var.Alog2
32	V сух/реч в вакуум-апараті	0-1000 Па*с	-	-	IN	-	-	IN	1c	-	4c, 1mic	-	<300Па*с, >900Па*с	1mic
33	Кл подачі грючої пари в апарат	-	0-100 %	-	OUT	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	<10%, >90%	1mic
34	Рег V сух/реч в збірнику Кр	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic
35	Рег V сух/реч в збірнику Кі	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1c	+	4c, 1mic	1mic	-	1mic

Кваліфікаційна робота

Арк.

58

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

№	Найменування змінної	Польові ТЗА ВАП		Інші системи	ПЛК ВАП		Інші системи	Scada ВАП						
		var.E0	var.V0		var.Y1	var.C1		var.Y2	var.I2	var.HC2	var.Rtr2	var.Rlog2	var.Alog2	var.Alog2
36	Рег V сух/реч в збірнику р/а	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1с	+	4с, 1міс	1міс	-	1міс
37	Рег V сух/реч в збірнику mп	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1с	+	4с, 1міс	1міс	-	1міс
38	Рег V сух/реч в збірнику тах	-	-	-	-	var.QC1	-	INOUT	1с	+	4с, 1міс	1міс	-	1міс
39	F сиропу в збірник	0-50 м3/год	-	-	IN	-	-	IN	1с	-	4с, 1міс	-	<5м3/год	1міс
40	F грючої пари в збірник	0-50 м3/год	-	-	IN	-	-	IN	1с	-	4с, 1міс	-	<10м3/год	1міс
41	F грючої пари в вакуум-апарат	0-50 м3/год	-	-	IN	-	-	IN	1с	-	4с, 1міс	-	<5м3/год	1міс
42	F пудри в вакуум-апарат	0-50 м3/год	-	-	IN	-	-	IN	1с	-	4с, 1міс	-	<0,5м3/год	1міс

**Функції АСУТП виробництва.** Для даного рівня наводяться функції, які стосуються 3 рівня управління виробництвом з деталізацією інформаційної взаємодії. У табл.2.4 показаний перелік змінних для SCADA ДКС. Для функції ведення архіву СУБД ТС (табл.2.5), крім періодичності та глибини можна вказаний формат запису. Ведення архіву для змінних передбачено вести ресурсами архівного трендового серверу SCADA ВАП (var.Rtr2).

					Кваліфікаційна робота				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					59

Таблиця 2.4. Перелік змінних для SCADA ДКС

№ пор.	Найменування змінної	джерело	SCADA ДКС			Примітка
			DKS.Y3	DKS.I3	dkS.A3	
1	F соку на виробн	sat.Y2	IN	1с	<50м3	
2	Витрата стружки в ошпарювач	dif.Y2	IN	1с	<40 т/год	
3	Рівень в випарному апараті №1	Vyp.Y2	IN	1с	<10%	
4	Рівень в випарному апараті №2	Vyp.Y2	IN	1с	<15%	
5	Рівень в випарному апараті №3	Vyp.Y2	IN	1с	<20%	
6	Рівень в випарному апараті №4	Vyp.Y2	IN	1с	<25%	
7	Рівень в випарному апараті №5	Vyp.Y2	IN	1с	<30%	
8	Густина соку на виході випарного відділення	Vyp.Y2	IN	1с	<15%	
9	Витрата соку на вході в випарне відділення	Vyp.Y2	IN	1с		
10	Температура в збірнику сиропу	Var.Y2	IN	1с	>100 °C	
11	Тиск в випарній камері	Var.Y2	IN	1с	>0.1 МПа	
12	Рівень в збірнику сиропу	Var.Y2	IN	1с	>85 %	
13	Рівень в вакуум-апараті	Var.Y2	IN	1с		
14	Вміст сухих речовин в утфелі вакуум-апарата	Var.Y2	IN	1с		
15	В'язкість утфелю в вакуум-апараті	Var.Y2	IN	1с		

Таблиця 2.5. Перелік змінних для СУБД ТС

№ пор.	Найменування змінної	Джерело	ТС (ts.Rtr)			Примітка
			Період	Глибина	Формат	
1	F соку на виробництво	sat.Rtr2	1хв	1міс	0000.0	розр SQL проц.
2	F соку на виробн. сер за 1 год.	-	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
3	F соку на виробн. максим за 1 год.	-	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
4	F соку на виробн. Мінім. за 1 год.	-	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
5	F соку на виробн. сум за 1 год.	-	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
6	Витрата стружки в ошпарювач	dif.Y2	1хв	1міс	0000#	розр в dif.Y2
7	Витрата стружки в ошпарювач сум за 1 год.	dif.Y2	1год	5 років	0000#	розр в dif.Y2

Продовження таблиці 2.5. Перелік змінних для СУБД ТС

№ пор.	Найменування змінної	Джерело	ТС (ts.Rtr)			Примітка
			Період	Глибина	Формат	
8	Витрата стружки в ошпарювач сум за 1 год.	dif.Y2	1год	5 років	0000#	розр в dif.Y2
9	Витрата соку на вході в випарне відділення	Vyp.Y2	1хв	1міс	0000.0	розр в Vyp.Y2
10	Густина соку на виході із випарного відділення	Vyp.Y2	1хв	1міс	0000.0	розр в Vyp.Y2
11	Витрата води на відділення тракту мийки буряку	trp.Y2	1хв	1міс	0000.0	розр SQL проц.
12	Витрата води на відділення тракту мийки буряку за 1 день	trp.Y2	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
13	Витрата гріючої пари на сушильне відділення за 1 день	sysh.Y2	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
14	Вихід цукру із сушильного відділення за 1 день	sysh.Y2	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
14	Вихід цукру із сушильного відділення	sysh.Y2	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.

Кваліфікаційна робота

Арк.

60

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

	за тиждень					
15	Вихід цукру із сушильного відділення за місяць	sysh. Y2	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
16	Вихід цукру із сушильного відділення за квартал	sysh. Y2	1год	5 років	0000#	розр SQL проц.
17	Температура в збірнику сиропу	Var.Y2	1хв	1міс	0000.0	розр SQL проц.
18	Вміст сухих речовин в утфелі вакуум-апарата	Var.Y2	1хв	1міс	0000.0	розр SQL проц.
19	В'язкість утфелю в вакуум-апараті	Var.Y2	1хв	1міс	0000.0	розр SQL проц.
20	Тиск в випарній камері	Var.Y2	1хв	1міс	0000.0	розр SQL проц.

## 2.4 Структурна схема КТС АСУ виробництва цукру

Структурна схема КТЗ наведена на рис.2.5, рис.2.6 і відображає зв'язок технічних засобів 6-х відділень виробництва цукру. Нижче наведена таблиця 2.6 з переліком основних компонентів структурної схеми КТЗ.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

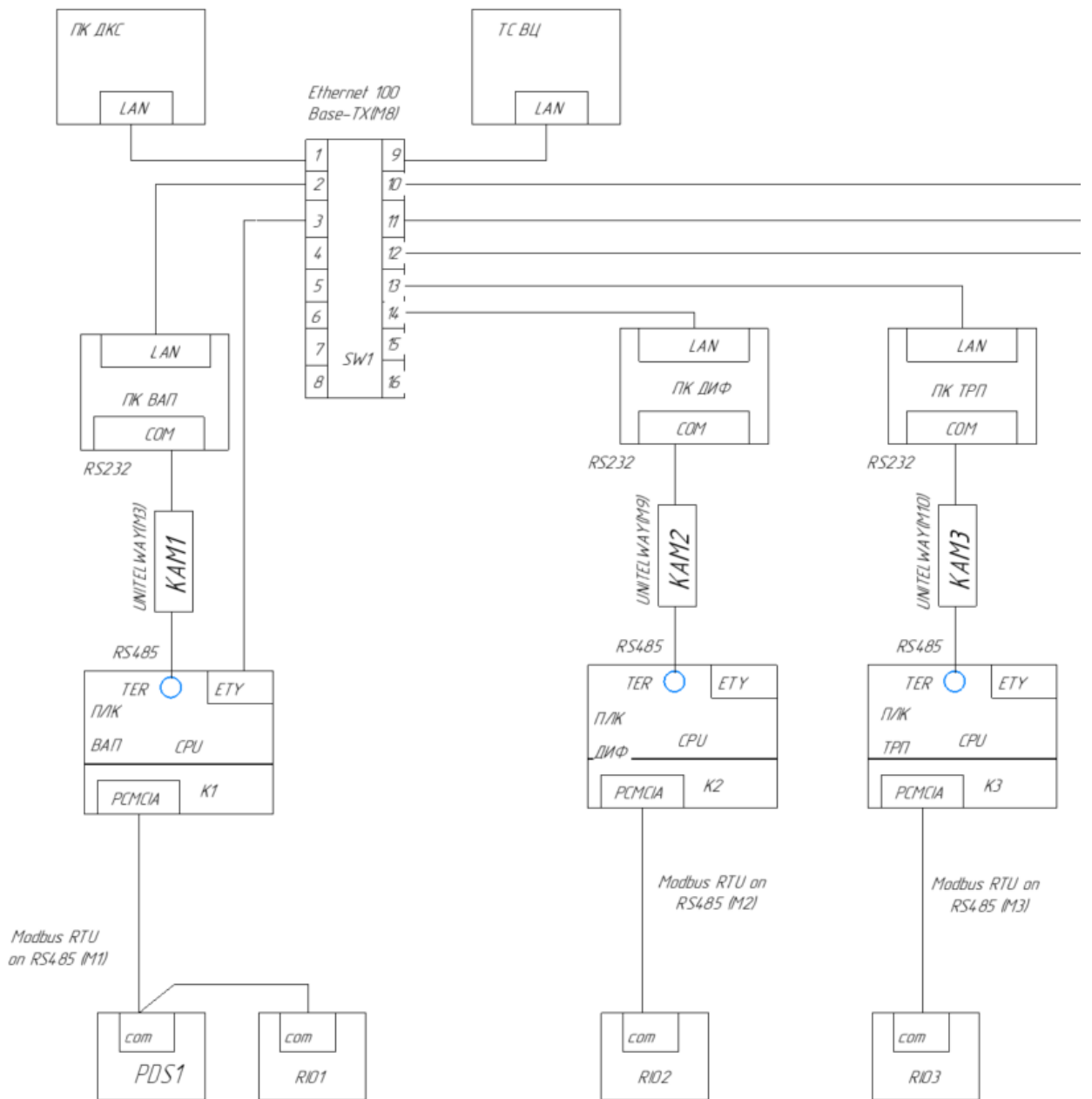


Рис. 2.5 Структурна схема КТЗ 3-ох відділень виробництва цукру (відділення вакуум-апарату, дифузійного та тракту подачі і мийки цукрового буряку)

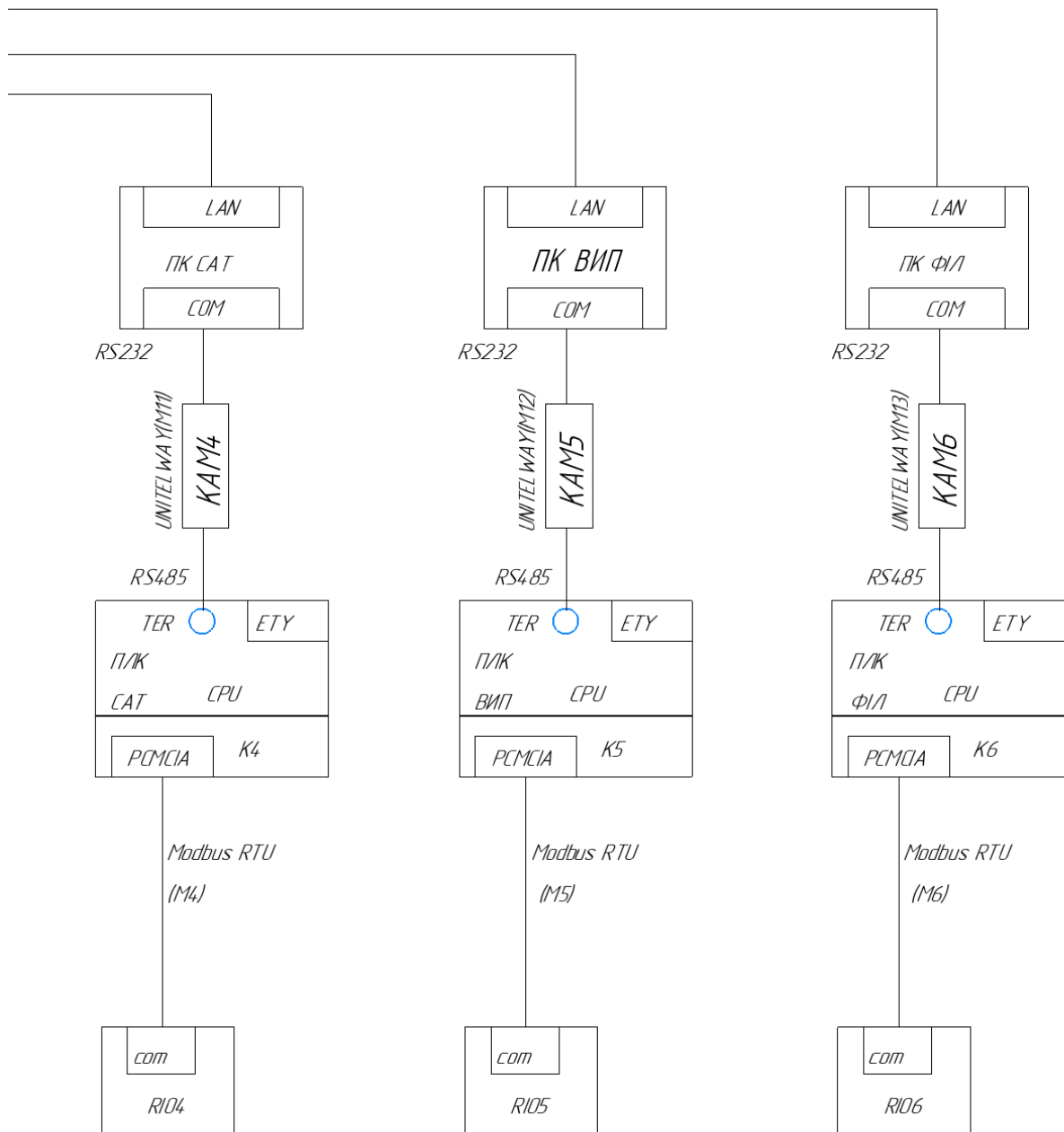


Рис. 2.6 Структурна схема КТЗ 3-ох відділень виробництва цукру (відділення сатурації, випарного та фільтраційного відділень)

Таблиця 2.6. Відомість мережних технічних засобів

Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
ПЛК ВАП	мікропроцесорний контролер для відділення вакуум-апаратів	1	Modicon TSX Premium (TSX P57 3634M )

Продовження таблиці 2.6. Відомість мережних технічних засобів

Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
ПЛК ДИФ	мікропроцесорний контролер дифузійного відділення	1	Modicon TSX Premium (TSX P57 3634M )
ПЛК ТРП	мікропроцесорний контролер тракту подача буряків та мийки	1	Modicon TSX Premium (TSX P57 3634M )
ПЛК САТ	мікропроцесорний контролер сатураційного відділення	1	Modicon TSX Premium (TSX P57 3634M )
ПЛК ВИП	мікропроцесорний контролер випарного відділення	1	Modicon TSX Premium (TSX P57 3634M )
ПЛК ФІЛ	мікропроцесорний контролер фільтраційного відділення	1	Modicon TSX Premium (TSX P57 3634M )
ПК ВАП	АРМ оператора відділення вакуум-апаратів (на базі комп'ютера)	1	офісного виконання
ПК ДИФ	АРМ оператора дифузійного відділення (на базі комп'ютера)	1	офісного виконання
ПК ТРП	АРМ оператора відділення тракту подачі та мийки буряку (на базі комп'ютера)	1	офісного виконання
ПК САТ	АРМ оператора сатураційного відділення (на базі комп'ютера)	1	офісного виконання
ПК ВИП	АРМ оператора випарного відділення (на базі комп'ютера)	1	офісного виконання
ПК ФІЛ	АРМ оператора фільтраційного відділення (на базі комп'ютера)	1	офісного виконання
ПК ДКС	диспетчерсько-координуюча станція – АРМ начальника зміни на базі комп'ютера	1	офісного виконання
ТС ВЦ	технологічний сервер виробництва цукру – сервер архівів основних виробничих параметрів	1	офісного виконання
SW1	Промисловий комутатор	1	Ethernet 100 Base-TX(M1)
RIO1, RIO2, RIO3, RIO4, RIO5, RIO6	Засоби віддаленого вводу /виводу	6	VIPA 115SER 6BL32
PDS1	Частотний перетворювач	1	Lenze 8200 Vector

Продовження таблиці 2.6. Відомість мережних технічних засобів

Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
КАМ1-КАМ6	Комунікаційний адаптер перетворювач RS-232<->RS-485	6	TSX PCX 1031 (Schneider Electric)
К1-К6	Комунікаційний модуль	6	TSX SCY 21601 (Schneider Electric)

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Польові ТЗА	Технічні засоби автоматизації, які відносяться до польового рівня		
-------------	--	--	--

## 2.5 Опис інформаційного забезпечення

Схема мережних інформаційних розробляються на основі деталізованої структури комплексу технічних засобів. Основне призначення схеми — показати реалізацію інформаційних потоків з точки зору інформаційного забезпечення, оскільки апаратна частина показується та описуються на структурних схемах комплексу технічних засобів.

Схема мережних інформаційних потоків:

- дає уявлення про обмін даними в мережі між різними типами без даних;
- служить інструментом для вияву конфліктних ситуацій, вирішення оптимального зв'язку, зменшення надлишкових потоків;
- допомагає в формуванні технічного завдання для підрозділів або підрядників, які відповідають за певну частину (підсистему) проекту, який розробляється.

На рис.2.7, рис.2.8 показано організацію збору та передачі інформації на рівні АСУТП випарного, фільтраційного, кристалізаційного, дифузійного, сатураційного, відділень та відділення тракту подачі буряку.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

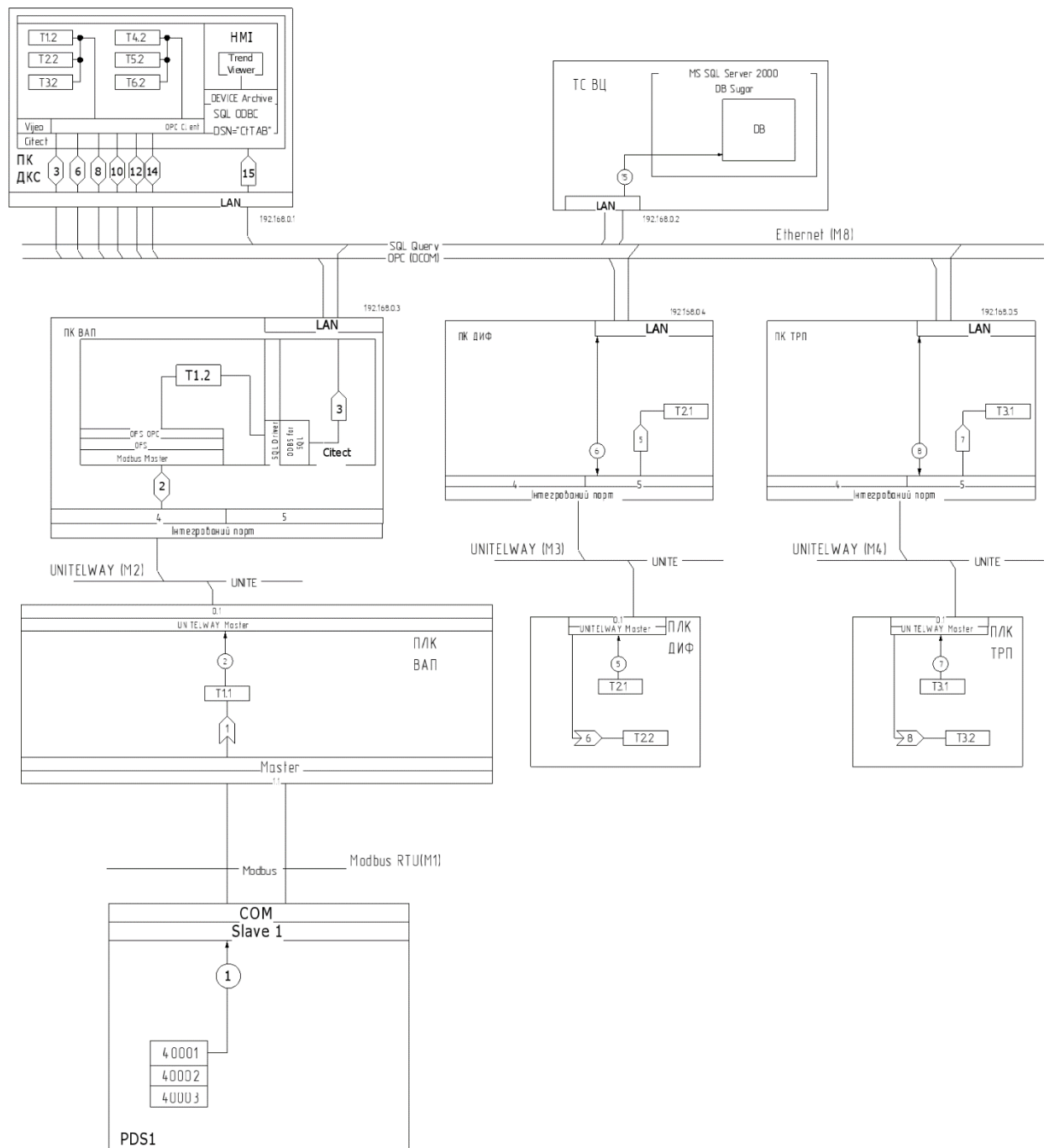


Рис.2.7 Схема інформаційної структури АСУ кристалізаційного, дифузійного, відділення тракту подачі буряка та м'якого відділення

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

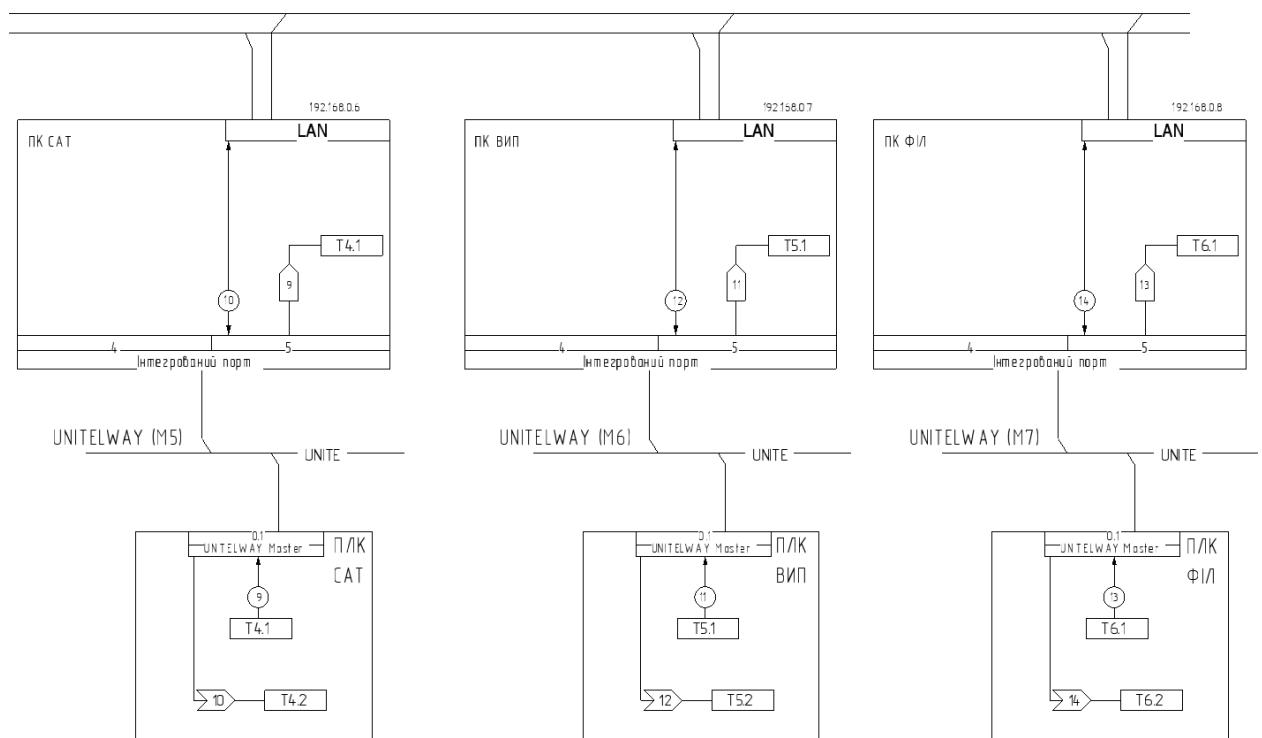


Рис.2.8 Схема інформаційної структури АСУ сатураційного, випарного, фільтраційного відділень

### Масиви вхідних/вихідних даних

В таблиці 2.7 наведено перелік даних в масивах В6 (вхідні дані) та В8 (вихідні дані). Дані цих масивів містять перелік мережних змінних АСУ виробництвом цукру. Від зміни значень даних масивів оператор може зробити висновки про функціонування відділення і системи в цілому. Масиви створюються за допомогою програми MS SQL Server. Функціонування системи передачі даних забезпечується програмним забезпеченням Unity Pro XL та OPC OFS Server, що забезпечують передачу та архівування даних в реальному часі. Дані зберігаються на технологічному сервері.

В таблиці 2.8 наведені аналогові вхідні сигнали для ПЛК ВАП. В таблиці 2.9 наведені аналогові вихідні сигнали для ПЛК ВАП. В таблиці 2.10 наведені мережні вхідні сигнали від польових ТЗА для ПЛК ВАП. В таблиці 2.11 наведені мережні вихідні сигнали від польових ТЗА для ПЛК ВАП.

					Кваліфікаційна робота			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				67

Таблиця 2.7. Мережні змінні АСУТП ВАП

Призначення	ПЛК ВИП (SCADA)		ПЛК ВИП	ЧРП ВИП
Рівень в збірнику сиропу	L_1	T5	%MW100	
Верхній рівень в вакуум-апараті	L_2_1	T5	%MW101	
нижній рівень в вакуум-апараті	L_2_2	T5	%MW102	
Вміст сухих речовин в суміші вакуум-апарату	QE_1	T5	%MW103	
Температура в змішувачі	Temp_2	T5	%MW104	
В'язкість суміші у вакуум-апараті	VE_1	T5	%MW105	
Тиск в паровій камері	Tusk_1	T5	%MW106	
Витрата сиропу в збірник сиропу	FE1	T5	%MW107	
Витрата грюючої пари в збірник сиропу	FE2	T5	%MW108	
Витрата грюючої пари в парову камеру	FE3	T5	%MW109	
Витрата пудри в парову камеру	FE4	T5	%MW110	
Клапан регулювання температури в змішувачі	KI_1	T5	%MW111	
Клапан регулювання тиску в паровій камері	KI_2	T5	%MW112	
Клапан регулювання рівня в вакуум-апараті	KI_3	T5	%MW113	
Клапан регулювання вмісту сухих речовин у суміші вакуум-апарату	KI_4	T5	%MW114	
Клапан регулювання в'язкості суміші і вакуум-апараті	KI_5	T5	%MW115	
Danffos Стан інвертору/керуючий вхід	Danffos _Status	T5	40009	inverter status/control input instruction

Продовження таблиці 2.7. Мережні змінні АСУТП ВАП

Призначення	ПЛК ВИП (SCADA)	ПЛК ВИП	ЧРП ВИП	
Danffos Режим /стан перетворювача	Danffos _Mode	T5	40010	operation mode/inverter settings
Призначення	ПЛК ВИП (SCADA)	ПЛК ВИП	ЧРП ВИП	
Lenze Вихідна частота	Lenze _FR	T5	40201	output frequency
Lenze Вихідний струм	Lenze _OC	T5	40202	output current
Lenze Вихідна напруга	Lenze _OV	T5	40203	output

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

				voltage
Lenze Частота настройки	Lenze_FS	T5	40205	frequency settings

### Перелік вхідних/вихідних сигналів для ПЛК

Таблиця 2.8. Аналогові вхідні сигнали для ПЛК ВАП

Поз. вим. перетв.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодичність, с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1a	Температура в збірнику сиропу	0-600 °C	4-20 мА	0.1	0.5	
2a	Тиск в вакуум-апараті	0-10 МПа	4-20 мА	0.1	0.5	
3a	Витрата сиропу в збірник	0-100 м <sup>3</sup> /год	4-20 мА	0.1	0.5	
4a	Витрата пари в збірник	0-100 м <sup>3</sup> /год	4-20 мА	0.1	0.5	
5a	Витрата пари в апарат	0-100 м <sup>3</sup> /год	4-20 мА	0.1	0.5	
6a	Витрата пудри в апарат	0-100 м <sup>3</sup> /год	4-20 мА	0.1	0.5	

Продовження таблиці 2.8. Аналогові вхідні сигнали для ПЛК ВАП

Поз. вим. перетв.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодичність, с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
7a	Рівень в збірнику сиропу	0-100 %	4-20 мА	0.1	0.5	
9a	Вміст сухих речовин в суміші	0-80 %	4-20 мА	0.1	0.5	
10a	В'язкість суміші	0-3 Па*с	4-20 мА	0.1	0.5	

Таблиця 2.9. Аналогові вихідні сигнали для ПЛК ВАП

Поз. вим. перетв.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодичність, с	Точність виміру, %	Примітка	Поз. вим. перетв.
1	2	3	4	5	6	7	8
7б	Насос подачі сиропу	0-100%ХРО	4-20 мА	0.1	0.1	1	Частотний перетворювач
1в	Клапан подачі	0-100%ХРО	4-20 мА	0.1	0.1	1	ВМ клапану подачі

					Кваліфікаційна робота			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				69

	пари в збірник сиропу						
2в	Клапан відкачки повітря з вакуум апарату	0-100%ХРО	4-20 мА	0.1	0.1	1	ВМ клапану

Продовження таблиці 2.9. Аналогові вихідні сигнали для ПЛК ВАП

Поз. вим. перетв.	Найменування вимірюваної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодичність, с	Точність виміру, %	Примітка	Поз. вим. перетв.
1	2	3	4	5	6	7	8
4в	Клапан подачі пари в вакуум-апарат	0-100%ХРО	4-20 мА	0.1	0.1	1	ВМ клапану
8в	Клапан подачі сиропу в збірник	0-100%ХРО	4-20 мА	0.1	0.1	1	ВМ клапану

Таблиця 2.10. Мережні вхідні сигнали від польових ТЗА для ПЛК ВАП

Поз. вим. перетв.	Найменування вимірюваної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодичність, с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
PDS1	Статус вкл. /викл	-	11 біт	0.1	0.5	
	Вихідна частота	0-400 Гц	11 біт	0.1	0.5	
	Швидкість обертання	1-9998 об/хв	11 біт	0.1	0.5	Крок = 0,1 %
	Струм	0 -500 А	11 біт	0.1	0.5	
	Напруга живлення	-480 В	11 біт	0.1	0.5	

Таблиця 2.11. Мережні вихідні сигнали на польові ТЗА від ПЛК ВАП

Поз. вим. перетв.	Найменування вимірюваної величини	Одиниці та діапазон виміру	тип та діапазон вимір сигналу	періодичність, с	точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
PIO1	Команда вкл. /викл	-	11 біт	0.1	0.2	

					Кваліфікаційна робота			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			70	

	Задана частота	0-400 Гц	11 біт	0.1	0.2	
--	----------------	----------	--------	-----	-----	--

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

### 3. РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВАКУУМ-АПАРАТОМ

#### 3.1. Схема автоматизації. Специфікація приладів та засобів автоматизації

Функціональна схема автоматизації (ФСА) призначена для визначення контурів контролю, сигналізації і регулювання основних технологічних параметрів. Функціональна схема автоматизації (ФСА) відділення вакуум-апарату наведена на рис.3.1, рис.3.2.

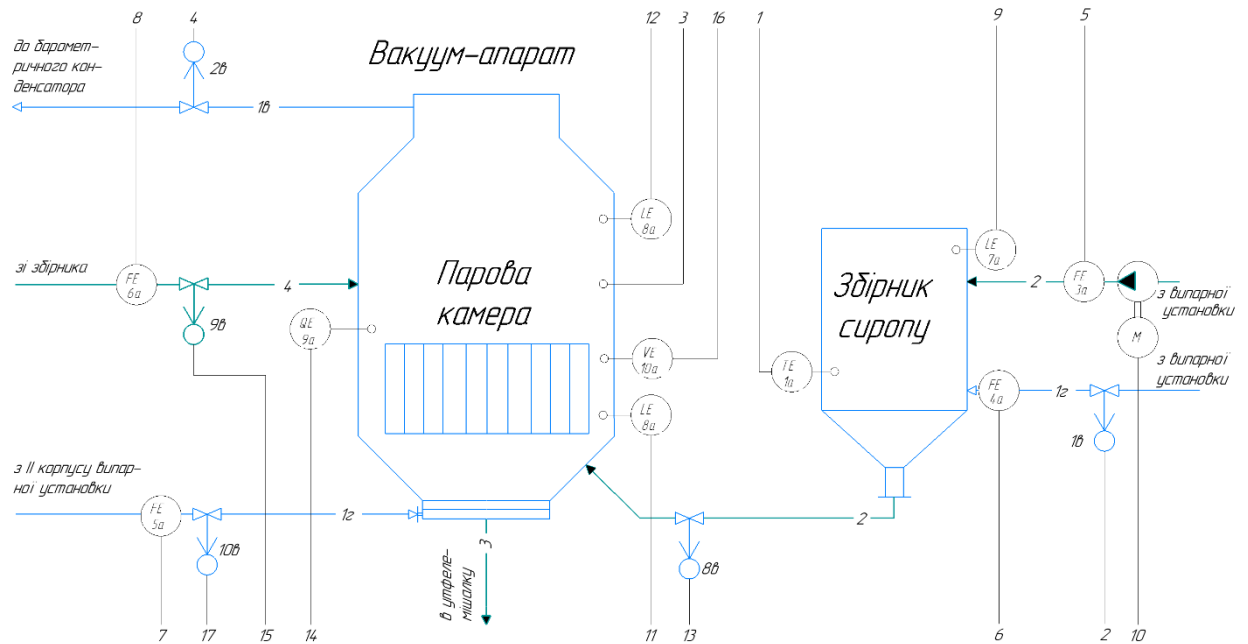


Рис.3.1 Функціональна схема автоматизації (ФСА) відділення вакуум-апарату (частина 1).

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Дудка К.О.			Розробка комп'ютерно - інтегрованої системи виробництва цукру з підсистемою керування якістю ваккум – апарата першого продукту	Літ.	Арк.	Акрушіє
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.				<b>НУХТ ІА-2-2М</b>		
Секретар		Проскурка Є.С.						
					72			

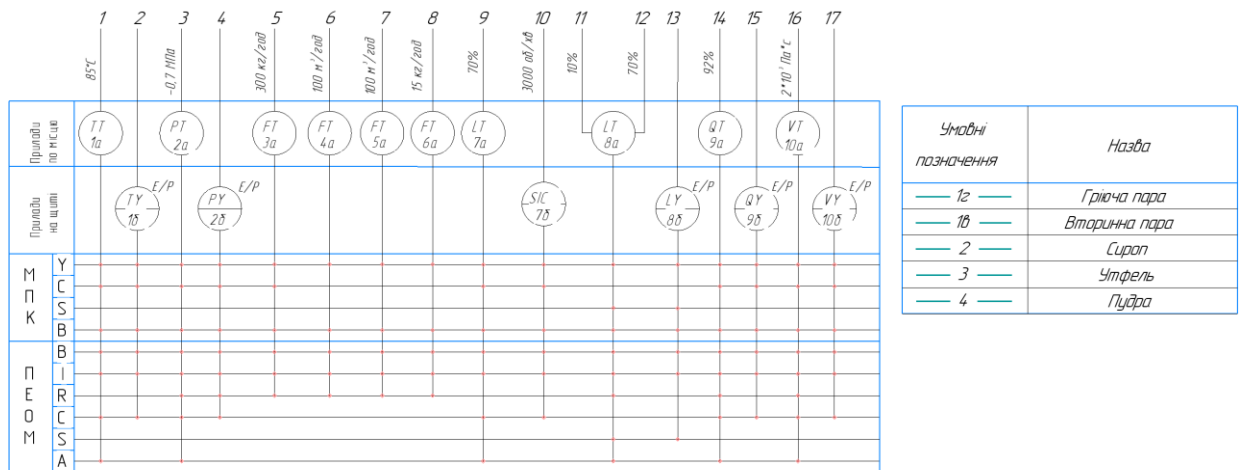


Рис.3.2 Функціональна схема автоматизації (ФСА) відділення вакуум-апарату (частина 2)

### Температура

Регулювання температури здійснюється збірнику сиропу термометром опору ОВЕН ДТС 054 (1а) та встановленням керувальної дії з МПК через електропневматичний перетворювач Dwyer 2700 (1б) на пневматичний односідельчатий клапан Siemens PS-2 (1в), що змінює положення регулюючого органу в трубопроводі гріючої пари, яка надходить з випарної установки.

### Тиск

Відбувається регулювання тиску в апараті за допомогою первинного вимірювального перетворювача (ПВП) тиску Sitrans P Compact (2а). Сигнал 4-20 мА із датчика надходить на модуль аналогових входів МПК, де перетворюється в цифровий сигнал 0-10000, опрацьовується програмою. Якщо є розузгодження із заданим значенням на виході із МПК через модуль аналогових виходів пропорційний сигнал 4-20 мА надходить на електропневматичний перетворювач Dwyer 2700 (2б), далі на пневматичний односідельчатий клапан Siemens PS-2 (2в), що змінює положення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Магістерська робота

Арк.

регулюючого органу в трубопроводі вторинної пари, яка надходить до барометричного конденсатора.

#### Рівень

Контур управління рівня в вакуум-апараті реалізований на ємнісних рівнемірах Siemens Sitrans Pointek CLS 200 (8а, 8б), що передають сигнал на МПК на модуль дискретних входів, керуючий сигнал з якого управляє пневматичним клапаном (8г) з допомогою електропневмоперетворювача (8в).

Рівень у збірнику сиропу вимірюється за допомогою радарного рівнеміра Sitrans LR 400 (7а). Регулювання витрати здійснюється за допомогою частотного перетворювача Lenze 8200 Vector (7б), який змінює частоту обертів двигуна насоса М1.

#### Витрата

Контроль витрати сиропу (3а), грючої пари з 3го корпусу випарної установки (4а), 2го корпусу випарної установки (5а), пудри із збірника (6а) здійснюється первинним вимірювальним перетворювачем (ПВП) магнітоіндукційного витратоміра Sitrans FM MAGG 6000 (3а-6а), передає сигнал на вторинний перетворювач витрати Sitrans FM MAGG 1100. Сигнал 4-20 мА надходить на модуль аналогових входів МПК, де далі перетворюється в цифровий сигнал і виводиться на екран оператора.

#### Вміст сухих речовин

Контур регулювання вмісту сухих речовин в вакуум-камері реалізований за допомогою промислового рефрактометра ПР-1М (9а), що передають сигнал на МПК, керуючий сигнал з якого управляє пневматичним клапаном (9в) з допомогою електропневмоперетворювачем (9б).

#### В'язкість

Регулювання в'язкості утфелю в вакуум-апараті відбувається за допомогою ротаційного віскозиметра РВ-7 (10а). Сигнал 4-20 мА із датчика надходить на модуль аналогових входів МПК, де перетворюється в цифровий сигнал 0-10000, опрацьовується програмою. Якщо є розузгодження із заданим значенням. То тоді на виході із МПК через модуль аналогових виходів пропорційний сигнал 4-20 мА надходить на електропневматичний

					Магістерська робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

перетворювач Dwyer 2700 (10б) на пневматичний односідельчатий клапан Siemens PS-2 (10в) що змінює положення регулюючого органу в трубопроводі подачі грючої пари з 2го корпусу випарної установки. Також на регулювання в'язкості впливає значення рівня в вакуум-апараті.

Таблиця 3.1 Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п/п	Найменування и технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниці	Потреба за проектом	Примітка
1	2	3	4	5	6
1а	Термометр опору з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC. Глибина занурення 65 мм. Діапазон вимірювань -50...+150 С	ДТС 054	шт.	1	ОВЕН
1б	Перетворювач електропневматичний Вхідний сигнал:4-20 мА. Вихідний сигнал: 20-100 КПа.	2700	шт	1	Dwyer, США
1в	Клапан односідельчатий регулюючий , живлення 140 кПа, сигнал управління 20-100 кПа Діаметр Ду: 100 мм	PS2	шт	1	Siemens, Німеччина
2а	Манометр контактний Клас точності – 0,1. Вхідний сигнал(мА; В): 4-20 мА Діапазон вимірювання 5 КПа...6 МПа,	Sitrans P Compact	шт.	1	Siemens
2б	Перетворювач електропневматичний Вхідний сигнал:4-20 мА. Вихідний сигнал: 20-100 КПа.	2700	шт	1	Dwyer, США
2в	Клапан односідельчатий регулюючий , живлення 140 кПа, сигнал управління 20-100 кПа Діаметр Ду: 100 мм	PS2	шт	1	Siemens, Німеччина
3а	ПВП витрати. Принцип дії: електромагнітний Діаметр Ду: 100 мм Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000) Ступінь пило вологозахисту: IP67 / IP68 Вихідний сигнал: 4-20 мА (перетворювач MAG 5000/6000) Напруга живлення: 220V AC або 24 V AC / DC (перетворювач MAG 5000/6000)	Sitrans FM MAGG 1100	шт.	1	Siemens
3б	Вторинний перетворювач витрати Вих.сиг. 4-20 мА Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар	MAGG 1100	шт.	1	Siemens

					Магістерська робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

**Продовження таблиці 3.1 Специфікація приладів та засобів автоматизації**

№ п/п	Найменування и технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниці	Потреба за проектом	Примітка
1	2	3	4	5	6
4а	ПВП витрати. Принцип дії: електромагнітний Діаметр Ду: 100 мм Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000) Ступінь пило вологозахисту: IP67 / IP68 Вихідний сигнал: 4-20 мА (перетворювач MAG 5000/6000) Напруга живлення: 220V AC або 24 V AC / DC (перетворювач MAG 5000/6000)	Sitrans FM MAGG 1100	шт.	1	Siemens
4б	Вторинний перетворювач витрати Вих.сиг. 4-20 мА Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар	MAGG 1100	шт.	1	Siemens
5а	ПВП витрати. Принцип дії: електромагнітний Діаметр Ду: 100 мм Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000) Ступінь пило вологозахисту: IP67 / IP68 Вихідний сигнал: 4-20 мА (перетворювач MAG 5000/6000) Напруга живлення: 220V AC або 24 V AC / DC (перетворювач MAG 5000/6000)	Sitrans FM MAGG 1100	шт.	1	Siemens
5б	Вторинний перетворювач витрати Вих.сиг. 4-20 мА Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар	MAGG 1100	шт.	1	Siemens
6а	ПВП витрати. Принцип дії: електромагнітний Діаметр Ду: 100 мм Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000) Ступінь пило вологозахисту: IP67 / IP68 Вихідний сигнал: 4-20 мА (перетворювач MAG 5000/6000) Напруга живлення: 220V AC або 24 V AC / DC (перетворювач MAG 5000/6000)	Sitrans FM MAGG 1100	шт.	1	Siemens

					<i>Магістерська робота</i>				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					76

Продовження таблиці 3.1 Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п\п	Найменування и технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниці	Потреба за проектом	Примітка
1	2	3	4	5	6
6б	Вторинний перетворювач витрати Вих.сиг. 4-20 мА Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар	MAGG 1100	шт.	1	Siemens
7а	Радарний рівнемір, діапазон вимірювання до 20 м. Вихідний сигнал: 4-20 мА	LR400	шт.	1	Siemens, Німеччина
7б	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20мА, 4-20мА); Напруга живлення: 180...264 V AC; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° С;	8200 Vector	Шт.	1	Lenze
8а	Сигналізатор рівня Принцип дії: ємнісний Температура вимірюваного середовища: -40 .. 125 ° С Тиск в системі: 0 .. 25 бар, 0 .. 10 бар (в кабельній версії) Довжина стрижня: 5000 мм (в кабельній версії для рідин)	Pointek CLS 200	шт.	1	Siemens, Німеччина
8б	Перетворювач електропневматичний Вхідний сигнал:4-20 мА. Вихідний сигнал: 20-100 КПа.	2700	шт	1	Dwyer, США
8в	Клапан односідельчатий регулюючий , живлення 140 кПа, сигнал управління 20-100 кПа Діаметр Ду: 100 мм	PS2	шт	1	Siemens, Німеччина
9а	Робочий діапазон показника заломлення середовища: 1,320 - 1,540 Робочі межі виміру концентрації: 0 - 100% Діапазон вимірювання концентрації в робочих межах: 40% Похибка вимірювання концентрації: ± 0,1% Максимальний тиск середовища: 20 бар Вихідний сигнал: 4 - 20 мА	PP-1M	шт.	1	Промприлад
9б	Перетворювач електропневматичний Вхідний сигнал:4-20 мА. Вихідний сигнал: 20-100 КПа.	2700	шт	1	Dwyer, США
9в	Клапан односідельчатий регулюючий , живлення 140 кПа, сигнал управління 20-100 кПа Діаметр Ду: 100 мм	PS2	шт	1	Siemens, Німеччина
10а	Ротаційний віскозиметр Діапазон вимірювання:10 ... 200 000 мПа·с Клас точності-0,1. Вихідний сигнал: 4 - 20 мА	PB-7	шт.	1	Промприбор
10б	Перетворювач електропневматичний Вхідний сигнал:4-20 мА. Вихідний сигнал: 20-100 КПа.	2700	шт	1	Dwyer, США

Магістерська робота

Арк.

77

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

10в	Клапан односідельчатий регулюючий , живлення 140 кПа, сигнал управління 20-100 кПа. Діаметр Ду: 100 мм	PS2	шт	1	Siemens, Німеччина
-----	--	-----	----	---	--------------------

### 3.2. Схема компонування та специфікація ПЛК та засобів РІО

Схема проектного компонування ПЛК наведена на рис.3.3. В таблиці 3.2 показаний перелік обладнання згідно схеми компонування ПЛК та засобів РІО.

Місце розміщення пунктів управління визначається з врахуванням особливостей технологічного процесу, норм протипожежних вимог будівельного проектування компонованих будівельних рішень прийнятих в різних галузях промисловості, зручності управління автоматизованим об'єктом. При проектуванні щитових приміщень дотримуються наступних вимог, які розглянуті нижче.

Щитові приміщення не слід розміщувати у виробничих приміщеннях з надлишковим тепловиділенням, наявністю шкідливих газів, технологічним процесом з виділенням вологи, під вентиляційними камерами загальнообмінної вентиляції.

Пункти управління не повинні піддаватися впливу вібрацій, магнітних полів, що виникають від електротехнічних установок та обладнань. Наявність магнітних полів в місці розташування щитового приміщення може викликати додаткову похибку приладів.

Між виробничими приміщеннями і пунктами управління повинне забезпечуватися сполучення. Коридори, що ведуть в щитове приміщення управління не повинні ускладнювати транспортування щита та іншого обладнання, що в них встановлюється.

Через щитові приміщення не можна прокладати транзитні трубопроводи опалення, водопостачання, каналізації, вентиляції, технологічні трубопроводи, газові трубопроводи.

Параметри оточуючого середовища повинні створювати комфортні умови для роботи оператора: температура 19-20°C, відносна вологість 40-60%, рівень шуму не більше 70дБел, вентиляція приміщення повинна

						Магістерська робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			78

забезпечити п'яти кратний обмін очищеного повітря за годину, природне освітлення не менше 100% (площа вікон до площі підлоги 12-18%), освітленість 100-150Люкс. В якості засобів пожежогасіння в пунктах управління слід застосовувати вуглекислотні і порошкові вогнегасники, а також пісок і інші засоби пожежогасіння.

Електрична і трубна проводки в пунктах управління повинні бути прокладені закритим способом. Для цього можуть використовуватись спеціальні канали або подвійні поли чи кабельні поверхи, короби чи захисні труби.

Підлога в щитових приміщеннях повинна бути не електропровідною, що дозволяє значно підвищити електробезпеку цих приміщень. Вона не повинна допускати проникнення вологи і шкідливих газів.

Вихід з щитового приміщення в виробниче з хімічно активним середовищем повинний виконуватись через коридор .

Приміщення пунктів управління повинні мати вікна, що забезпечують достатнє природне освітлення.

В приміщеннях щитів управління повинне бути передбачене робоче і аварійне освітлення як від загальної мережі, так і від мережі аварійного освітлення об'єкта, що автоматизується. Електропроводка при цьому прокладається захованим способом.

При установці щитів в щитових приміщеннях необхідно виконувати вимоги діючих правил про допустиму ширину проходів між рядами щитів, відстанями між струмоведучими частинами приладів і апаратів розташованих на протилежно встановлених рядах щитів.

					<i>Магістерська робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

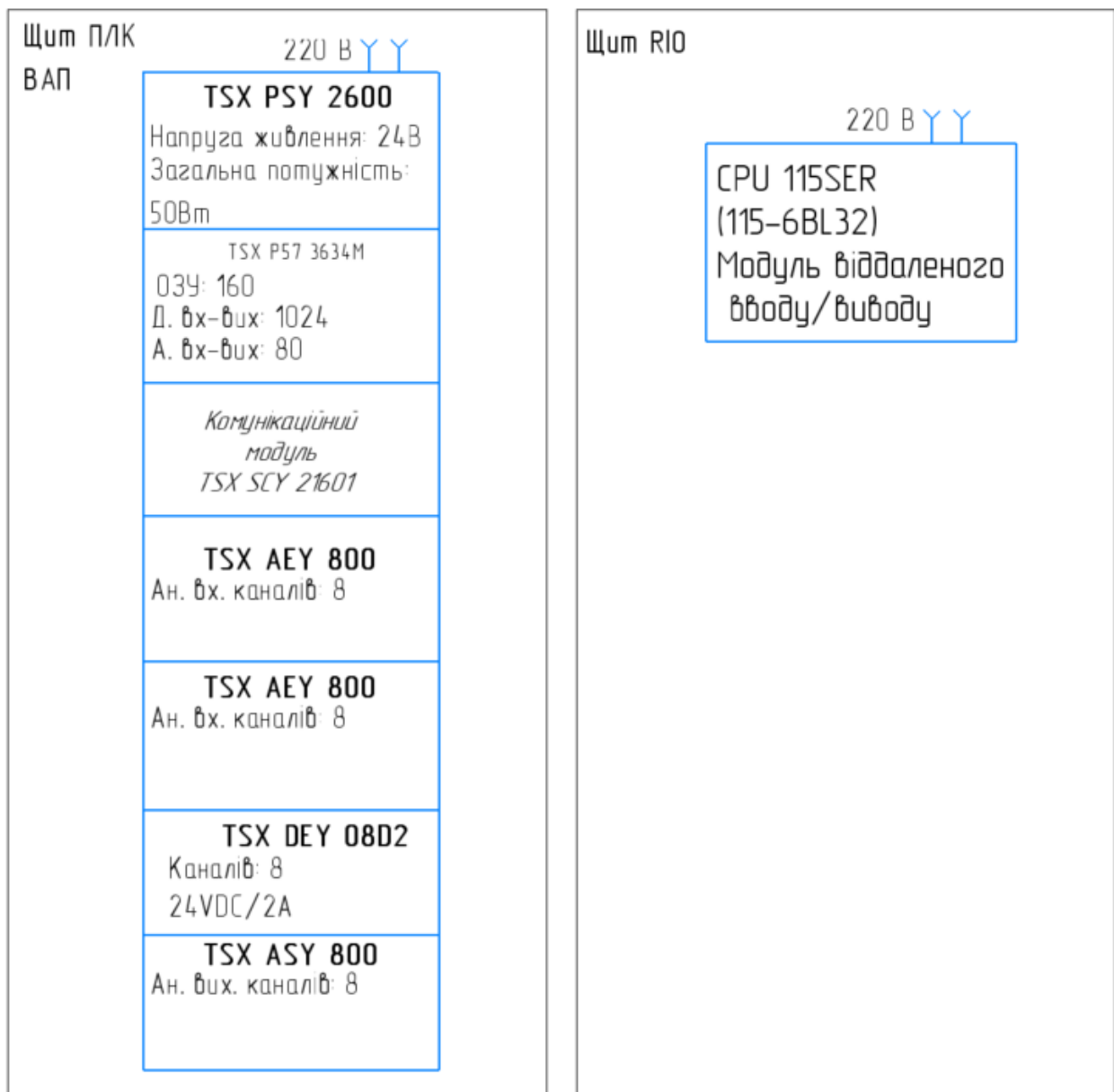


Рис.3.3 Компонування ПЛК та віддалених засобів вводу/виводу

Таблиця 3.2 Специфікація модулів RIO.

Позиція	Найменування	Шифр для замовлення	Виробник	Одиниця виміру	Кількість
1.	Модуль віддаленого вводу/виводу	CPU 115SER (115-6BL32)	Vipa	шт.	1

Документація на замовлення мікропроцесорного контролера (МПК) тісно пов'язана з завданням на виготовлення щитів і пультів, оскільки в щитових конструкціях розміщується, як сам МПК, так і його блоки живлення.

									Магістерська робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						80

Основним документом при замовленні МПК є замовна специфікація в якій вказується модель, кількість модулів та їх опис.

### Конфігурування МПК MODICON TSX Premium

Для управління об'єктом необхідно сконфігурувати МПК який забезпечує підключення каналів відповідно до функціональної схеми автоматизації, кількість яких наведена у табл.3.3.

Таблиця 3.3 Конфігурування МПК

Вимоги	Кількість сигналів
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	9
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	6
Кількість дискретних входів	2
Кількість дискретних виходів	0

#### Вибір процесорного модуля

Кількість аналогових, дискретних входів і виходів : 16. Враховуючи кількість каналів вводів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль TSX P57 3634M.

#### Вибір модулів вводу/виводу

9 аналогових входів 4-20 mA – TSX AEY 800 – 2 шт.

6 аналогових виходів АВ 4-20 mA – TSX ASY 800 – 1 шт.

2 дискретні входи 24 VDC - TSX DEY 08D2 – 1 шт.

#### Вибір шасі, додаткових модулів та аксесуарів для шасі

Загальна кількість модулів разом з процесором: 1 CPU + 2AI + 1AO+1ВД+1БЖ = 6. Таким чином, потрібне лише одне шасі на 8 місць (TSX RKY 8EX).

Таблиця 3.4. Специфікація на замовлення контролера ПЛК ВАП та комплектуючих

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	

					Магістерська робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

1	2	3
TSX RKY 8EX Шасі	1	Шасі для встановлення блоку живлення, процесора та модулів розширення на 12 місць.

Продовження таблиці 3.4. Специфікація на замовлення контролера ПЛК ВАП та комплектуючих

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Кількість	Кількість	
TSX PSY 2600M Блок живлення	1	Напруга живлення 100...240 VAC Потужність, Вт: Загальна; 26 по напрузі $\pm 24$ В : 25 по напрузі $\pm 5$ В : 15 зовнішньої напруги $\pm 24$ В : 12 Формат: стандартний.
TSX P57 3634M Центральний процесор	1	Кількість шасі: - на 4,6,8 місць: 16 - на 12 місць: 8 Кількість входів/виходів у шасі: - дискретних: 1024 - аналогових: 80 Кількість спеціальних модулів: 24 Кількість мереж: 1 Кількість конфігурованих контурів регулювання: 10 Пам'ять: - вбудоване ОЗУ: 48 - розширення ОЗУ: 160
TSX AEY 800 Модуль аналогових входів	2	Кількість каналів: 8 Діапазон сигналу: $\pm 10$ В, 0...10 В, 0...5 В, 1...5 В, 0-20 мА, 4-20 мА, тер-мопари, термометри опору Характеристики каналів: Високий рівень ізоляції між каналами, розряд-рядиість АЦП 16 біт Під'єднання: під гвинт
TSX ASY 800 Модуль аналогових виходів	1	Діапазон сигналу $\pm 10$ В, 0...20мА, 4...20 мА Характеристики каналів: Ізоляція між каналами, розрядність ЦАП 11 біт + знак Під'єднання: під гвинт
TSX DEY 08D2 Модуль дискретних входів	1	Кількість каналів: 16 Характеристика каналів: 24 VDC/0.5A, захищені, транзисторні Під'єднання: під гвинт
TSX SCY 21601	1	Комунікаційний модуль Modbus RTU on RS-485.
TSX BLY 01	1	20 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами
TSX BLY 02	4	25 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими

					Магістерська робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

### 3.3. Схеми електричні принципові контурів вимірювання, управління та сигналізації

Принципова схема регулювання представляє вимірювання значень технологічних параметрів, обробку сигналів та за заданим алгоритмом видання керуючої дії для зміни положення регулюючого органу за допомогою виконавчих механізмів з метою цілеспрямованого регулювання відповідного параметру згідно технологічного регламенту виробництва.

Всі вхідні сигнали від датчиків поступають на вхідні ПЗО (модулі аналогових входів) після чого програмно обробляються і поступають на вихідні ПЗО (модулі аналогових виходів) і виконавчі механізми та двигуни.

До вхідних ПЗО для контурів регулювання в даному випадку відносяться модуль аналогових входів по 8 каналів кожний TSX AEY 800, який призначений для перетворення уніфікованого сигналу 4-20 мА в цифровий сигнал контролера. Вихідні ПЗО – TSX ASZ 401 – модуль аналогових виходів на 4 канали. Аналоговий сигнал через клемну колодку поступає на сигнальний модуль аналогових входів, після чого оброблюється в центральному процесорі контролера Shneider TSX Premium, де за алгоритмом робочої програми формується керуючий сигнал, що подається на сигнальний модуль аналогових виходів, після якого він здійснює керуючу дію на виконавчий механізм з необхідним устаткуванням (електропневматичні перетворювачі). Розглянемо контури регулювання температури в збірнику сиропу. Вимірювання температури здійснюється термометром опору Sitrans TF2 (1a)., уніфікований сигнал з якого 4-20 мА надходить на 8 каналний модуль аналогових входів TSX AEY 800, де здійснюється оброблення сигналу і перетворення його в цифрову форму, що оброблює центральний модуль процесора мікроконтролера, де за алгоритмом програми користувача створює керуючу дію, значення якої

перетворюється з цифрової форми в аналогову в модулі аналогових виходів TSX ASY 800, в межах 4-20 мА.

№ п\п	Найменування и технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниці	Потреба за проектом	Примітка
1	2	3	4	5	6
<b>Прилади по місцю</b>					
1а	Термометр опору з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC Діапазон вимірювань -50...+150 С	ДТС 054	шт.	1	ОВЕН
2а	Манометр контактний Клас точності – 0,1. Вхідний сигнал(мА; В): 4-20 мА Діапазон вимірювання 5 КПа...6 МПа,	Sitrans P Compact	Шт..	1	Siemens
3а-6а	ПВП витрати. Принцип дії: електромагнітний Діаметр Ду: 15..2000 мм Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000) Ступінь пило вологозахисту: IP67 / IP68 Вихідний сигнал: 1 струмовий, 1 частотний / імпульсний, 1 релейний (преобразів. MAG 5000/6000) Напруга живлення: 220V AC або 24 V AC / DC (перетворювач MAG 5000/6000)	Sitrans FM MAGG 1100		4	Siemens
3б-6б	Вторинний перетворювач витрати Вих.сиг. 4-20 мА Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар	MAGG 1100	л/год	4	Siemens
7а	Радарний рівнемір, діпазон вимірювання до 20 м	LR400	шт.	1	Siemens, Німеччина
8а,8б	Тип: сигналізатор рівня Принцип дії: ємнісний Температура вимірюваного середовища: -40 .. 125 ° С Тиск в системі: 0 .. 25 бар, 0 .. 10 бар (в кабельній версії)	Pointek CLS 200	шт.	2	Siemens, Німеччина

					<i>Магістерська робота</i>		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			84

№ п\п	Найменування и технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниці	Потреба за проектом	Примітка
1	2	3	4	5	6
	Довжина стрижня: до 35000 мм (в кабельній версії для рідин) Функція: на виході реле АС / DC, транзистор DC, інтерфейс PROFIBUS PA Живлення: АС / DC				
9а	pH-метр Діапазон вимірювань -0-14 од. pH	Siran	шт.	1	Siemens, Німеччина
10а	Ротаційний віскозиметр Діапазон вимірювання: 10 ... 200 000 мПа·с Клас точності-0,1.	PB-7	шт.	1	Промприбор
1в,2в 8г,9в,10в	Клапан сідельчатий регулюючий , живлення 140 кПа, сигнал управління 20-100 кПа	PS2	шт	5	Siemens, Німеччина

**Прилади на щиті**

16,26 8в,9б,10б	Перетворювач електропневматичний	2700	шт	5	Dwyer, США
G1-G4	Блок живлення 24 VDC. Вхідна напруга:  - змінного струму: 85...264 В  - постійного струму: 110...370 В  Частота вхідної змінної напруги: 47...63 Гц  Корекція вихідної напруги: 22...26 В	БП15Б-Д4-24	шт	4	Овен
CPU	Процесорний модуль. RAM 4096 Кб, RS485/232С, Макс. кількість шасі - 4. Макс. кількість дискретних/аналогових входів-виходів - 1024/256	TSX Premium P57 304М	шт.	1	Schneider electric
	Модуль аналогових входів Кількість каналів: 8 Діапазон сигналу: ±10 В. 0 .10 В, 0...5 В, 1...5 В, 0-20 мА, 4-20 мА, тер-мопари, термометри опору Характеристики каналів: Високий рівень ізоляції між каналами, розряд-рядиість АЦП 16 біт	TSX AEY 800	шт.	2	Schneider electric

					<i>Магістерська робота</i>			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			85	



### 3.4 Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж

Схема з'єднань та підключень проводок промислових мереж для 6-ти відділень виробництва цукру показана на рис.3.4, рис.3.5 Перелік елементів схеми з'єднань проводок промислових мереж показаний в таблиці 3.5.

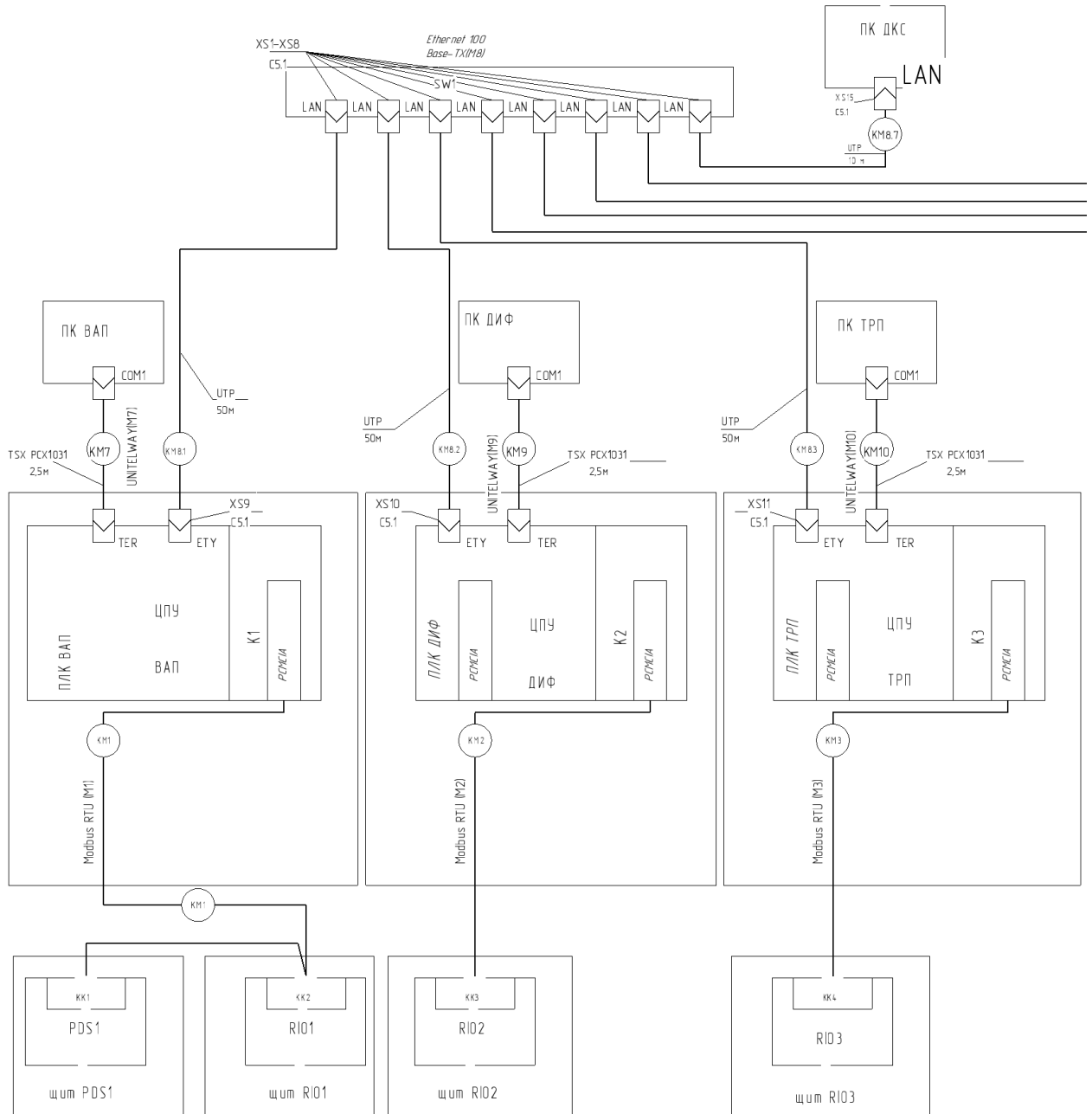


Рис.3.4 Схема з'єднань та підключень проводок промислових мереж для відділень вакуум-апарату, дифузійного, випарного, відділення тракту подачі буряку та мийного відділень.

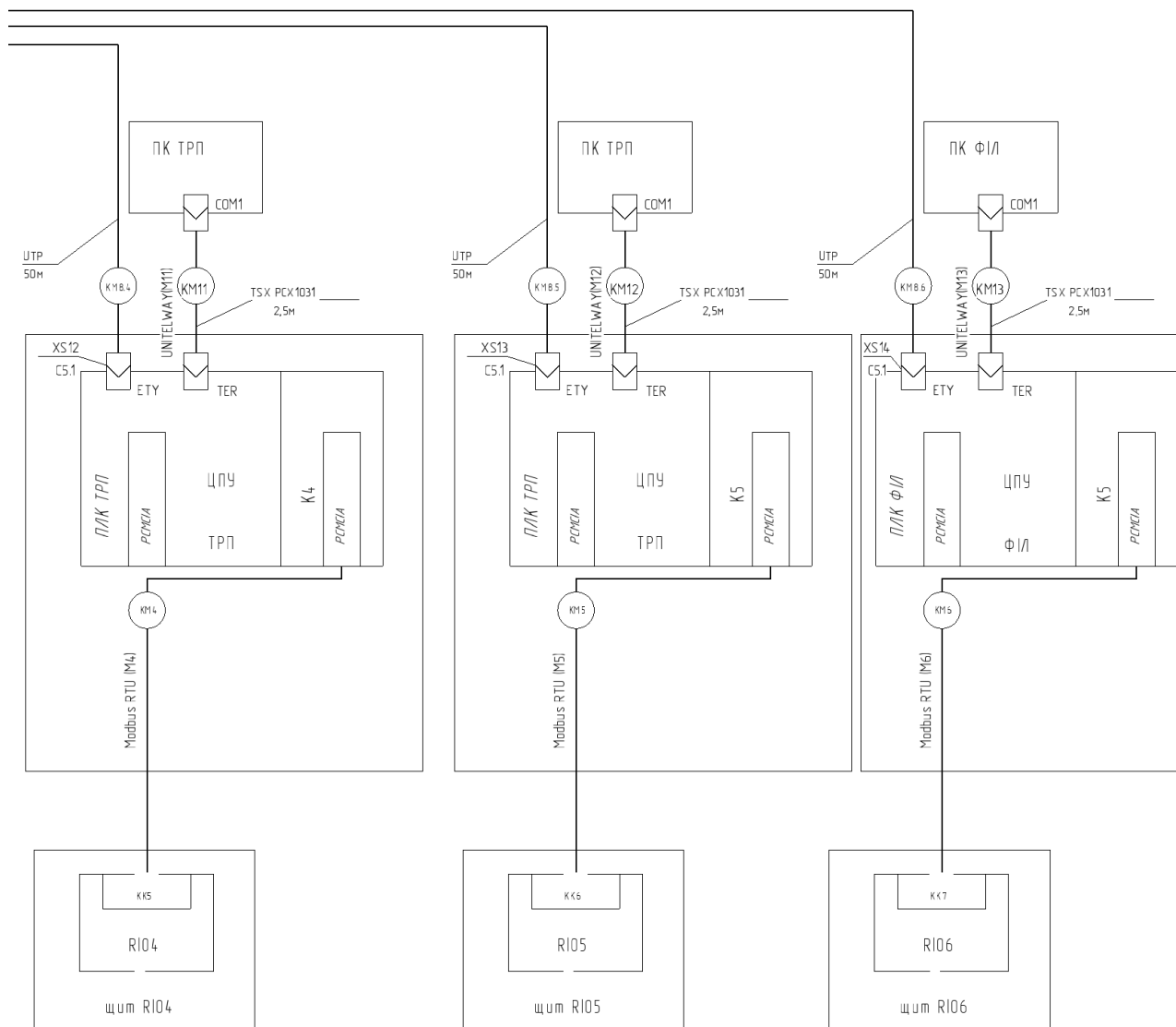


Рис.3.5 Схема з'єднань та підключень проводок промислових мереж для відділень сатураційного, фільтраційного, випарного відділень.

Таблиця 3.5. Перелік елементів до схеми з'єднань.

Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
<b>Комунікаційні адаптери та карти</b>			
SW 1	Промисловий комутатор Ethernet 100 Base-TX(M1)	1	
KM8.1 - KM8.8	Кабель UTP вита пара	400	метрів
XS1-XS16	Мережний з'єднувач швидкого монтажу для Ethernet. Неекранований RG-45 типу вилка	14	
KM7, KM9- KM13	З'єднувальний кабель RS232 TSX PCX1031	6	
KM1-KM6	Кабель із мережевою картою PCMCIA для RS485 по протоколу Modbus	6	Довжина 20 метрів
K1-K6	Комунікаційний модуль TSX SCY 21601	6	

RIO1-RIO6	Пристрої віддаленого вводу/виводу вакуум VIPA 115SER 6BL32	6	
-----------	---	---	--

Продовження таблиці 3.5. Перелік елементів до схеми з'єднань

Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
KK1-KK7	Клемна колодка	7	
PDS1	Частотний перетворювач Lenze 8200 Vector	1	

					<i>Магістерська робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

## 4. СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

### 4.1. Алгоритм логічного управління робочим циклом вакуум-апарата

На рис.4.2 показана блок-схема алгоритму роботи програми вакуум-апарата  
Блок №1: умова, якщо натиснена кнопка «Пуск» то переходимо до наступного блоку.

Блок №2: на даному етапі збірник сиропу наповнюється сиропом до верхнього рівня і вмикається регулятор рівня в збірнику сиропу. Вимірювання рівнеміром 7а, регулювання частотним перетворювачем 7б двигуна М1. Вмикається регулятор температури сиропу в збірнику. Вимірювання термометром опору 1а, регулювання клапаном 1в подачі гріючої пари.

Блок №3: якщо температура сиропу в збірнику досягла значення 80 градусів Цельсія, то переходимо до наступного блоку.

Блок №4: вмикаємо регулятор тиску в паровій камері. Вимірювання датчиком тиску 2а, регулювання клапаном 2в (до барометричного конденсатора). Відкриваємо клапан 8в, 10в для заповнення вакуум-апарату сиропом.

					Кваліфікаційна робота. Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка комп'ютерно - інтегрованої системи виробництва цукру з підсистемою керування якістю вакуум – апарата першого продукту	Літ.	Арк.	Акрушів
Студент		Дудка К.О.						
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав.кафедр		Смітюх Я.В.						
Секретар		Проскурка Є.С.						
					НУХТ ІА-2-2м			
					90			

Блок №5: якщо сироп покрив верхню решітку нагрівальної камери, переходимо до наступного блоку.

Блок №6: закриваємо клапани 8в, 10в повністю.

Блок №7: якщо в'язкість сиропу під час уварювання досягла значення 1000 Па\*с, то переходимо до наступного блоку.

Блок №8: відкриваємо клапан 11в і вносимо затравку.

Блок №9: якщо внесено понад 10 кг. затравки (вимірювання витратоміром ба), то переходимо до наступного блоку.

Блок №10: закриваємо клапан 11в подачі пудри. Вмикаємо регулятор в'язкості, вимірювання датчиком в'язкості 10а, регулювання клапаном 10в підкачки сиропу.

Блок №11: якщо відключився нижній сигналізатор рівня, то переходимо до наступного блоку.

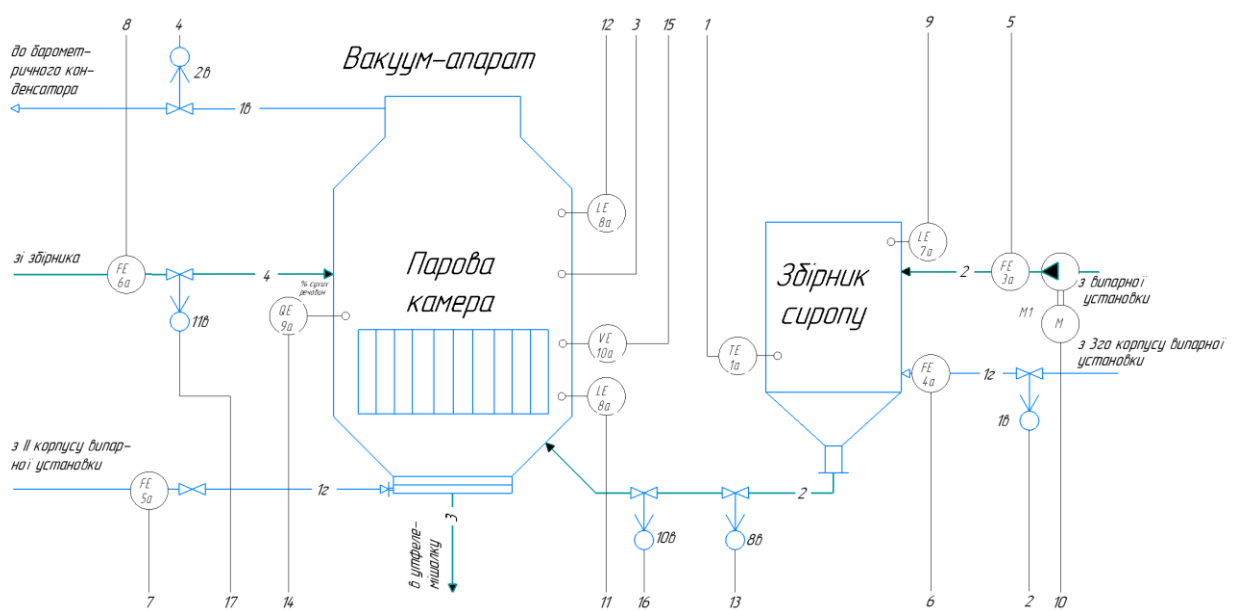
Блок №12: вимикаємо всі регулятори, вивантажуємо утфель з апарату.

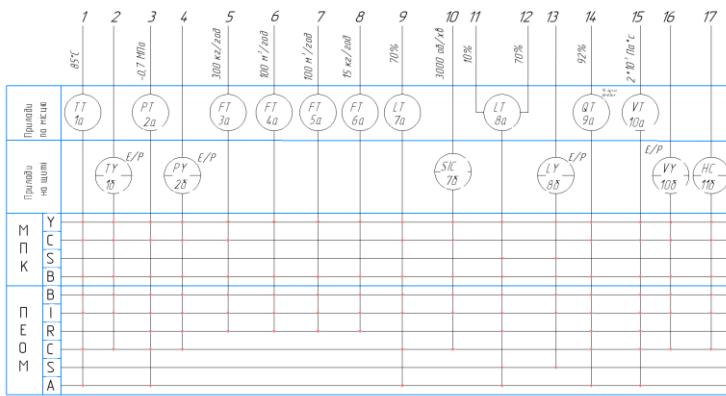
Блок №13: якщо апарат пустий, то переходимо до наступного блоку.

Блок №14: запускаємо промивку апарату.

Блок №15 якщо промивка закінчилась, то переходимо на початок алгоритму.

На рис.4.1 показана схема автоматизації вакуум-апарату.





Умовні позначення	Назва
— 1z —	Гріюча пара
— 1в —	Вторинна пара
— 2 —	Сироп
— 3 —	Утфель
— 4 —	Підра

Рис. 4.1 Схема автоматизації вакуум-апарату

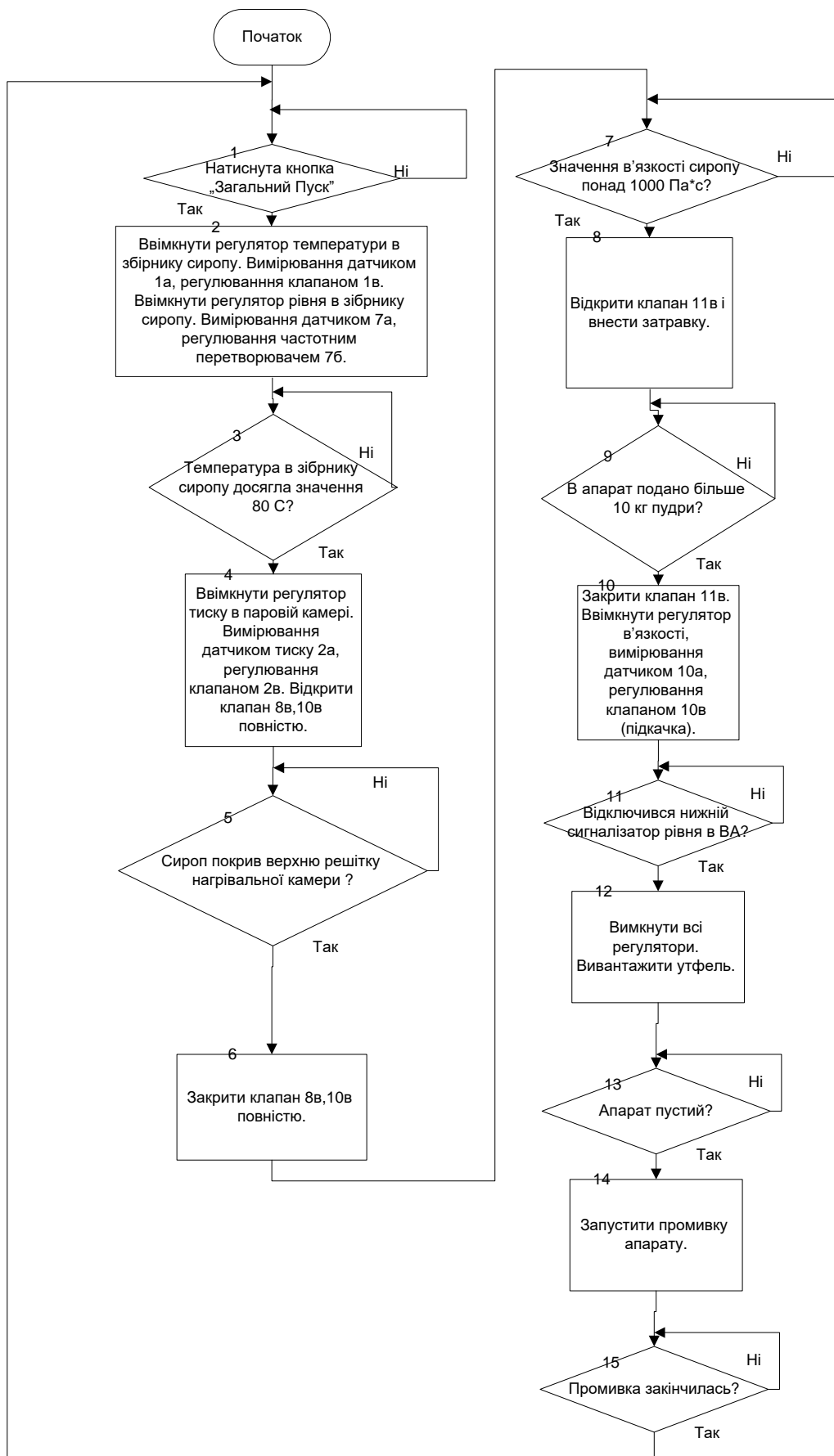


Рис.4.2. Блок-схема алгоритму управління

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 4.2. Програма логічного управління робочим циклом вакуум-апарата

Для програмування ПЛК Modicon TSX Premium використовується програмне забезпечення UnityPro, яке постійно розвивається і існує багато його версій. Тому дуже важливо звертати увагу на те, щоб версія операційної системи, яка записана у пам'ять контролера співпадала з версією

програмного забезпечення, за допомогою якого планується програмувати ПЛК.

Розробка прикладної програми включає в себе декілька етапів. На першому етапі розробки прикладного програмного забезпечення необхідно визначити структуру програми користувача, яка може бути однозначною чи багатозначною. Крім того вона може включати в себе підпрограми та задачі обробки подій. Кожна з цих задач програмується окремо. Програмування кожної задачі може відбуватися з використанням мов програмування, які підтримує ПЛК. У контролерів Modicon можуть використовуватись 4 мови програмування.

Для розроблення прикладної програми необхідно виконати процедуру конфігурування контролера та налаштування окремих модулів.

У процесі роботи зі змінними можна використовувати не тільки адресну форму їх представлення а й присвоювати змінним символні імена, які можна використовувати як при програмуванні, так і при відлагоджуванні програми.

Може бути рекомендована та послідовність розробки ПЛК:

- виконується конфігурування контролера;
- визначається структура програми користувача;
- якщо структура програми багатозначна, то вхідні і вихідні сигнали групуються по задачам;
- змінним присвоюються символні імена;
- готується та налагоджується програма для окремих під задач програми.

У процесі конфігурування контролера розрізняють програмну та апаратну конфігурацію.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"				94

Для виконання програмної конфігурації задається кількість функціональних блоків (таймерів, лічильників, одинівраторів, драм-контролерів та реєстрів), а також кількість бітів, слів пам'яті і констант які будуть використовуватись у прикладній програмі користувача.

Апаратна конфігурація виконується за кілька етапів. Спочатку за допомогою спеціального редактора у графічному вигляді задається розташування у шасі контролера модулів, яке повинно відповідати реальному фізичному розташуванню модулів у ПЛК. Це дуже важливо, оскільки у контролерах цього типу прийнята географічна адресація змінних. У разі зміни складу, або розташування модулів у ПЛК необхідно буде зробити переадресацію змінних.

На другому етапі виконується конфігурування окремих модулів і, в залежності від типу модуля, задаються його параметри.

Для даного проекту використовується мову структурованого тексту (Structured Text. Програма на мові структурованого тексту, подібна до правил написання на відомих алгоритмічних мовах і складається з програмних рядків, написаних із використанням відповідних правил побудови, інструкцій, стандартних процедур, зарезервованих слів і мнемонічних значень, які визначають алгоритм обробки змінних різних типів.

Текст програми на мові структурованого тексту організована в послідовності рядків, яка починається з знаку оклику, який генерується автоматично, і може включати в себе наступні елементи: мітку, коментарі і одну або більшість інструкцій і команд, розподілених знаком «;».

Для розробки інтерфейсу SCADA/HMI в даному проекті було використано програми Vijeo Citect v6.5, Unity Pro XL, та OFS server. Щоб забезпечити зв'язок розробленої програми з мнемосхемою було використано OFS server, шляхом конфігурування нової мережі, та прив'язки кожної зміни створеної в Unity Pro до нового тегу в Vijeo Citect.

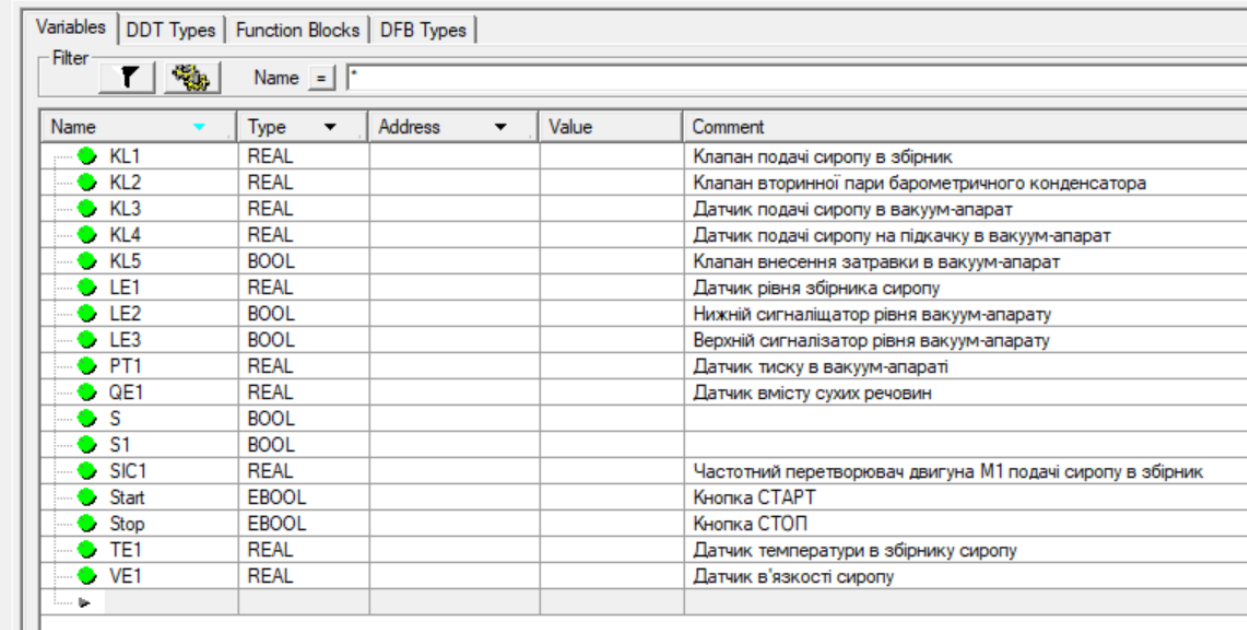
Програмне забезпечення Vijeo Citect використовувалося для побудови

						<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						<i>Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"</i>	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			95

мнемосхеми управління відділенням, з метою забезпечення найбільш зручного управління процесом випікання. Всі технологічні параметри відображені на основній мнемосхемі. Для реєстрації, архівування та зберігання технологічних даних, в програмному забезпеченні Vijeo Citect було створено 3 вікна трендів, для реєстрації технологічних параметрів, що змінюються, а також вікно алармів, для відображення подій, тривог та аварій. Зображення мнемосхем та трендів знаходяться в графічному додатку до дипломного проекту, лист №8.

### Опис алгоритму та програми

В середовищі Unity Pro створюються змінні яким присвоюється значення технологічних параметрів рис.4.3. В таблиці 4.1, 4.2 показані параметри функціонального блока PI\_V та опис структурного типу Para\_PI\_V.



Name	Type	Address	Value	Comment
KL1	REAL			Клапан подачі сиропу в збірник
KL2	REAL			Клапан вторинної пари барометричного конденсатора
KL3	REAL			Датчик подачі сиропу в вакуум-апарат
KL4	REAL			Датчик подачі сиропу на підкачку в вакуум-апарат
KL5	BOOL			Клапан внесення затравки в вакуум-апарат
LE1	REAL			Датчик рівня збірника сиропу
LE2	BOOL			Нижній сигналізатор рівня вакуум-апарату
LE3	BOOL			Верхній сигналізатор рівня вакуум-апарату
PT1	REAL			Датчик тиску в вакуум-апараті
QE1	REAL			Датчик вмісту сухих речовин
S	BOOL			
S1	BOOL			
SIC1	REAL			Частотний перетворювач двигуна M1 подачі сиропу в збірник
Start	EBOOL			Кнопка СТАРТ
Stop	EBOOL			Кнопка СТОП
TE1	REAL			Датчик температури в збірнику сиропу
VE1	REAL			Датчик в'язкості сиропу

Рис 4.3. Анлогові та дискретні змінні

Табл.4.1 Параметри функціонального блока PI\_V

Вхідні параметри		
PV	<a href="#">REAL</a>	значення вимірювальної величини (плинне значення)
SP	REAL	задане значення (уставка)
RCPY	REAL	дійсне положення виконавчого механізму (використовується при управлінні серво-ВМ разом з EFB SERVO )
MAN_A UTO	<a href="#">BOOL</a>	Режим роботи ПІ-регулятора: 1 : Автоматичний режим 0 : Ручний режим
PARA	<a href="#">Para_PI_V</a>	Параметри регулятора (див. таб.2.7)
TR_I	REAL	Значення ініціалізації
TR_S	BOOL	Команда на включення ініціалізації (1: Включити ініціалізацію)
Вхідні/вихідні параметри		
OUT	REAL	Вихід ПІ-регулятора (в ручному режимі може змінюватися з зовні
Вихідні параметри		
OUTD	REAL	різниця між вихідною величиною в плинному і попередньому циклах перерахунку PI_V
MA_O	BOOL	Плинний режим виконання ПІ-регулятора 1: Автоматичний режим 0: інший режим (ручний або режим ініціалізації)
DEV	REAL	Значення розузгодження (PV – SP)
STATUS	<a href="#">WORD</a>	Слово статусу (використовується для контролю за помилками виконання PI_V)

Табл.4.2 Опис структурного типу Para\_PI\_V

id	<a href="#">UINT</a>	Використовується для алгоритму автопідстройки
pv_inf	<a href="#">REAL</a>	обмеження по мінімуму вхідної величини завдання
pv_sup	REAL	обмеження по максимуму вхідної величини завдання
out_inf	REAL	обмеження по мінімуму вихідної величини
out_sup	REAL	обмеження по максимуму вихідної величини
rev_dir	<a href="#">BOOL</a>	0: пряма робота ПІ-регулятора (PV-SP) 1: зворотна робота ПІ-регулятора (SP-PV)
en_rcpy	BOOL	1: використати вхід RCPY (тільки для управління серво-
kp	REAL	Коефіцієнт пропорційності
ti	<a href="#">TIME</a>	Час інтегрування
dband	REAL	Зона нечутливості
outbias	REAL	зміщення виходу регулятора в ПІ-режимі функціонування

Основна програма реалізації алгоритму роботи вакуум-апарату на мові LD показана на рис.4.4, рис.4.5.



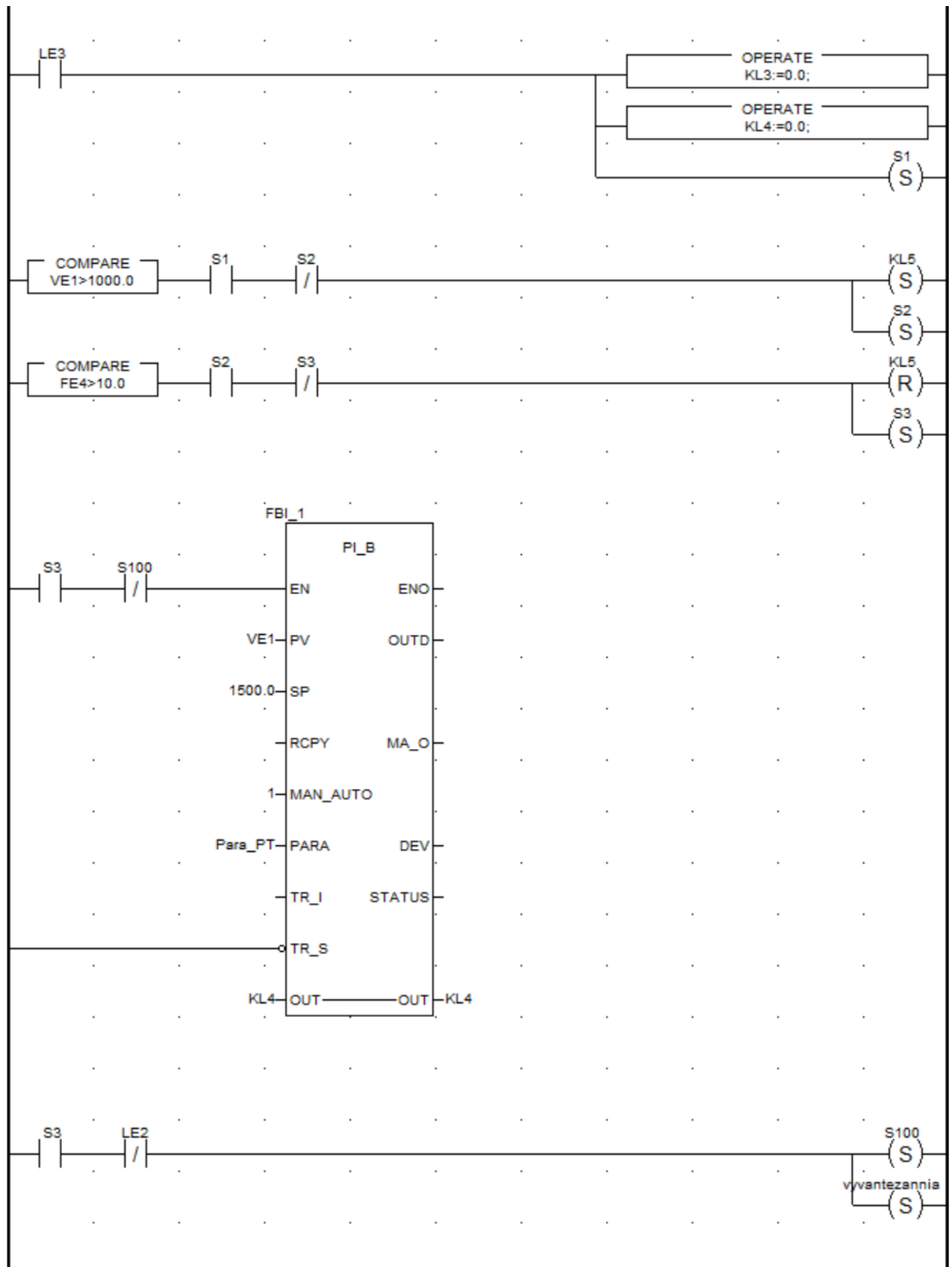


Рис.4.5 Основна програма алгоритму роботи вакуум-апарату на мові LD (продовження)

## Висновок

У роботі було розроблено інтегровану автоматизовану систему управління з застосуванням нової мікропроцесорної техніки та засобів автоматизації, використанням контролерів та ПЕОМ. Використовувалися найновіші технічні засоби для вимірювання виконавчих механізмів та регулюючого органу.

Також, дана відповідь на перелік питань, щодо автоматизації системи. Серед них: характеристика об'єкта автоматизації, схема автоматизації, проектне компонування мікропроцесорного контролера та схема підключення датчиків, та виконавчих механізмів до нього. Обрано одні з найкращи технічних засобів автоматизації.

Розроблено систему управління вакуум апарату (SCADA/HMI) за допомогою новітнього програмного забезпечення. Побудовані функціональні та інформаційні структури управління 4-х відділень.

Система керування розроблена на базі одного з найрозповсюджених мікропроцесорних контролерів SchneiderElectric. Забезпечено зв'язок між контроллерами 4-х відділень та узгодження технологічних параметрів між ними.

					<i>Кваліфікаційна робота</i> <i>Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

## Список використаної літератури

1. Інформаційні технології систем управління технологічними процесами: Навч. посібник / Благовещенська М.М., Злобін Л.А. -М.: Вища школа, 2005, -768с.
2. Обладнання та автоматизація переробних виробництв: Навч. посібник / А.А. Курочкін, Г.В. Шабурова, А.С. Гордєєв, А.І. Завражнов - М.: КолосС, 2007. - 591 с.
3. Автоматизація виробничих процесів: підручник. Для студ. вузів / І. В. Ельперін, А. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед - К.: Видавництво Ліра-К, 2015 - 378 с.
4. Преображенський, В.Г. Технологічні вимірювання та прилади / В.Г. Преображенський - 3-тє вид., перераб. - М.: "Энергия", 1978 - 704 с.
5. Єльперін І.В. Промислові контролери: навчальний посібник / І.В.Єльперін - К.: НУХТ, 2003 - 320 с.
6. Зберігання та переробка продукції рослинництва: навчальний посібник / Г. І. Подпрятков, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хілевич - К.: Мета, 2002 - 495 с.
7. Автоматизація технологічних процесів харчових виробництв : [Підручник. для вузів за спец. "Автоматизація і комплекс. механізація хім.-технол. процесів" / Є. Б. Карпін, О. І. Авен, І. К. Петров та ін.] - 2-ге вид., перераб. і дод. - Москва: Агропромиздат, 1985. - 535 с.
8. Ладанюк, А. П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: підручник / А. П. Ладанюк, Трегуб В. Г., Ельперін І. В. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 224 с.
9. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник / В.Г. Трегуб - К.: НУХТ, 2006. - 175 с. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ: навч. посіб для студ. ВНЗ/ Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. - М.: Вища школа, 1989. – 367 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
					<i>Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"</i>	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

- 10.Козлов, Г.Ф. Системний аналіз технологічних процесів на підприємствах харчової промисловості [Текст]/ Г.Ф. Козлов, М.В. Остапчук, В.В. Щербатенко; Техніка - К.: Техніка, 1977 - 199 с.
- 11.SCADA-системи: погляд зсередини П Е.Б. Андрєєв, Н.А. Куцевич, О.В. Синенко // - М.: Видавництво "РТСофт", 2004. - 176 с.
- 12.Кишенько В.Д. Задачі технологічного моніторингу в системах управління виробничими процесами технологічних комплексів // Автоматизація виробничих процесів, 2006 - №2 (23) - С 48-52.
- 13.Ладанюк А.П., Кишенько В.Д. Математичне моделювання нестационарних режимів технологічних комплексів // Харчова промисловість. - 2004. - № 3. - С. 160-162.
- 14.Трахтенгерц Е.А. Комп'ютерна підтримка ухвалення рішень,- М: СИНТЕГ, 1998. - 376 с.
- 15.Технологічний моніторинг при сценарному управлінні виробничими процесами / Зігунов О. М., Кишенько В. Д. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія "Нові рішення в сучасних технологіях" - Харків: НТУ "ХПІ" - 2012. - № 44(950).С. 25 - 36.
- 16.Кишенько, В.Д. Задачі технологічного моніторингу в системах керування виробничими процесами технологічних комплексів / В.Д. Кишенько // Автоматизація виробничих процесів - 2006 - №2(23) - С.48-52.
- 17.Методичні вказівки до проектування пунктів управління мікропроцесорних систем автоматизації у курсовому та дипломному проектуванні для студентів спеціальності 21.03.05 денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.В. Г. Трегуб. – К.: КТІХП, 1993. – 36 с.
- 18.Проектування систем автоматизації. Програмне забезпечення комп'ютерно-інтегрованих технологій. Метод.вказівки до розробки програмного забезпечення беззахисних пунктів управління у курсовому та дипломному проектуванні для студентів спец. 7.0925.01 та 7.0925.02 денної та заочної форм навчання / Уклад.: І.В.Ельперін,

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
					<i>Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"</i>	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

- В.Г.Трегуб, А.П.Ладанюк, В.М.Кушков, В.В.Авдєєнко. – К.: УДУХТ, 1997. – 44 с.
- 19.Технічні засоби автоматизації хімічних виробництв: Справ. / В. С. Балакирев, Л. А. Барський, А. В. Бугров і др. – М.:Хімія, 1991. – 272 с.
- 20.Adair, J. (2003). *Effective Motivation How to Get Extraordinary Results from Everyone*. Pan Books Limited.
- 21.Berne, E. (1985). *Games People Play*. Penguin UK.
- 22.Bloom, M. (2005). *The Independent Guide to Bullying and Stress in the Workplace*. First Law.
- 23.Elkin, A. (1999). *Stress Management for Dummies*. Wiley Publishing.
- 24.Field, T. (1996). *Bully in sight*. Success Unlimited.

					Кваліфікаційна робота Спеціальність 151 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології"	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103