

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем**

**Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

«До захисту в ЕК»  
Декан факультету  
\_\_\_\_\_ Форсюк А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» лютого 2021 р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Ельперін І.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» лютого 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу виробництва зефіру

Виконав: здобувач 3ск курсу, групи ЗАКІТ-3-1ск

Яремчук Віктор Юрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) \_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник доцент Романов Микола Сергійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) \_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_ (підпис)  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Загоровська Л.Г.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)  
(прізвище та ініціали)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_ (підпис)

Київ – 2021 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

« 9 » листопада 2020 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Яремчук Віктор Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи автоматизації процесу виробництва зефіру

керівник роботи доцент Романов Микола Сергійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 9 » листопада 2020 р. № 932-кв

2. Строк подання здобувачем роботи « 8 » лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 9 листопада 2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Яремчук В. Ю.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Романов М. С.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації процесу виробництва зефіру. Складається з пояснювальної записки та графічного матеріалу.

В проекті розроблена документація на систему автоматизації, в склад якої входить: опис технологічного об'єкту управління, схема автоматизації, принципові схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до програмованого логічного контролера, алгоритм та програма процесу, відеокадри дисплейних мнемосхем.

Розроблене програмне забезпечення за допомогою програми Unite Pro від Schneider Electric для управління технологічним процесом виробництва зефіру. В проекті докладно розглянуто варіанти технологічних рішень по реалізації системи автоматизації, а також проведений аналіз існуючої та розробленої системи, представлена SCADA система для візуалізації та контролю для технологічного процесу виробництва зефіру.

**Ключові слова:** Unite Pro, Schneider Electric, SCADA.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Summary

Qualification work is devoted to the development of a system for automating the production of marshmallows. It consists of an explanatory note and graphic material.

The project develops documentation for the automation system, which includes: description of the technological object of control, automation scheme, basic schemes of connecting sensors and actuators to the programmable logic controller, algorithm and process program, video frames of display mnemonics.

Developed software using the Unite Pro program from Schneider Electric to control the technological process of marshmallow production. The project considers in detail the options of technological solutions for the implementation of the automation system, as well as the analysis of the existing and developed system, presents the SCADA system for visualization and control for the technological process of marshmallow production.

Keywords: Unite Pro, Schneider Electric, SCADA.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## Зміст

Вступ.....	7
<b>1. Опис об'єкта автоматизації</b>	
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації .....	10
1.2. Розробка завдання для системи автоматизації .....	14
<b>2. Система автоматизації.</b>	
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювань, виконавчих механізмів (VM) та контролюючих органів (RO).....	16
2.2. Схема автоматизації .....	32
2.3. Специфікація засобів автоматизації .....	36
2.4. Схема проекту мікропроцесорного управління .....	38
<b>3. Принципові схеми від датчиків та VM до ПЛК</b>	
3.1. Загальний план підключення .....	47
3.2. Розширені електричні схеми для однієї схеми .....	48
<b>4. Креслення установки технічних засобів .....</b>	<b>51</b>
<b>5. Опис спеціального програмного забезпечення для управління мікропроцесором (алгоритм та програма для ПЛК) .....</b>	<b>55</b>
<b>6. Розробка інтерфейсу людина-машина технолога</b>	
6.1. Списки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA / HMI .....	58
6.2. Відеозображення мнемонічного дисплея оператора .....	62
Висновки .....	65
Бібліографічний список .....	66
Доповнення .....	69

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Основний ефект від впровадження системи автоматизації на підприємстві – зниження собівартості кінцевого продукту, що досягається за рахунок підвищення продуктивності при поліпшенні якості, одночасно знижуючи витрати на робочу силу, матеріали та енергію. Здійснення змін в організації заводу, пов'язаних із впровадженням або модернізацією системи автоматизації в окремих підрозділах або на вищих рівнях, орієнтоване на майбутній прибуток компанії. Об'єктивна оцінка цих змін враховує не тільки майбутні прибутки, але й поточні витрати на впровадження заходів. Одним з побічних ефектів автоматизації виробництва є значне збільшення постійних витрат, включаючи оплату висококваліфікованого обслуговуючого персоналу, необхідного для роботи із сучасними сучасними системами автоматизації. Для його нормального функціонування також необхідно вживати профілактичних заходів тощо. Ступінь економічного впливу може бути збільшена, якщо після плану зміни в компанії розробляти в тому порядку, в якому вони вводяться. Це пов'язано з можливістю уникати підводних каменів, отримувати дані під час планування та використовувати ці дані для економічних розрахунків (наприклад, час повернення) або вносити зміни до проекту.

Варіантом системи автоматизації є окреме введення в кожному відділі (типово для цього об'єкта). Перевага полягає в тому, що одним об'єктом керує кожна з місцевих станцій, і кожен оператор відповідає за частину виробництва. Інший варіант - спілкування між підрозділами компанії. Таким чином, можна координувати роботу різних підрозділів та підрозділів, що призводить до кращої роботи всього заводу, а це недорого. Хоча локальні системи збільшують продуктивність пристрою приблизно на 5%, використання мереж однозначно покращить цю кількість. Цей параметр вибрано в цьому документі. І його реалізація можлива, незважаючи на те, що кожна філія автоматизована, оскільки інформація обмінюється безпосередньо ПК, а не контролери. ПК можна легко та недорого

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтегрувати в мережу Ethernet, а системи САСАДА можуть обмінюватися інформацією через цю мережу, що полегшує це завдання. Впроваджуючи системи, які координують роботу окремих частин виробничого комплексу, ви можете легко організувати збір та обробку інформації, визначити невідповідність між окремими підрозділами в часі та простором обладнання та створити систему моніторингу на найвищому рівні.

Для автоматизації цього розділу використовуються контролери TSX Premium. Базові дані отримує комп'ютер начальника зміни, щоб він міг отримати інформацію про стан усіх ключових параметрів, сформувані загальні звіти та зробити висновки про ефективність та узгодженість сайтів.

Все це передбачено в запропонованій системі автоматизованого управління технологічним процесом виробництва зефіру. Тому ми повторюємо, що автоматизація управління виробничими комплексами з використанням новітніх мікропроцесорних та комп'ютерних технологій може досягти значного економічного ефекту, який досягається відносно швидко.

При використанні нового обладнання в галузі основними витратами є ремонт обладнання, обслуговування обслуговуючого персоналу та амортизація.

*Джерелами економії при впровадженні АСК загалом є:*

- Підвищення продуктивності технологічних пристроїв та галузей техніки в цілому.
- Покращення якості продукції (сировина, допоміжні матеріали).
- Зменшення собівартості продукції.
- Зниження споживання палива та електроенергії.
- Підвищення продуктивності праці.
- Вдосконалення організації виробництва; покращення координації управління виробництвом та підвищення надійності протікання процесу.
- Поліпшення обміну інформації між відділами заводу, надаючи швидку

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформацію у зручному форматі про процес у різних місцях.

***Існуюча система автоматики в цій кондитерській має ряд  
недоліків:***

- Через низький рівень автоматизації у відділі порівняно з іншими відділами, система використовується не повністю.
- Жоден з керівників заводу не має можливості переглядати процес в Інтернеті.
- Неоптимальний метод звітності про витрати ресурсів.
- САУ впроваджена в наступних напрямках:
- Використання новітніх датчиків для вимірювання технологічних параметрів та виконавчих механізмів;
- Відповідно до попереднього пункту організуються різні контрольні кола (зазначені в розділі 3 цього дипломного проекту).
- Впровадження сучасних промислових мережевих технологій обміну даними для підвищення продуктивності, ритмічності та надійності виробничого процесу, підвищення інформативності системи, її конв'юальності та зручності передачі даних;
- Покращення умов роботи оператора - Створення зручного пункту управління та програми SCADA;
- Ефективність управління завдяки комунікації між нижчим та верхнім рівнями;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

Зефір - різновид цукрових кондитерських виробів; одержують збиванням фруктово-ягідного пюре з цукром та яєчним білком з подальшим додаванням до цієї суміші одного з формуючих (загальних) наповнювачів: пектину, агарового сиропу, желатину (джему).

Зефір з'явився за часів Стародавнього Єгипту, де він був десертом на медовій основі. Потрібну форму йому надали додаванням соку зефіру в медову масу. У ті часи зефір дозволялося їсти лише дворянам і фараонам. Ніхто інший не мав права навіть спробувати цей десерт, оскільки це вважалося злочином. Бідні діти з нижчих верств єгипетського суспільства того часу не мали іншого вибору, як задоволення медом та інжиром.

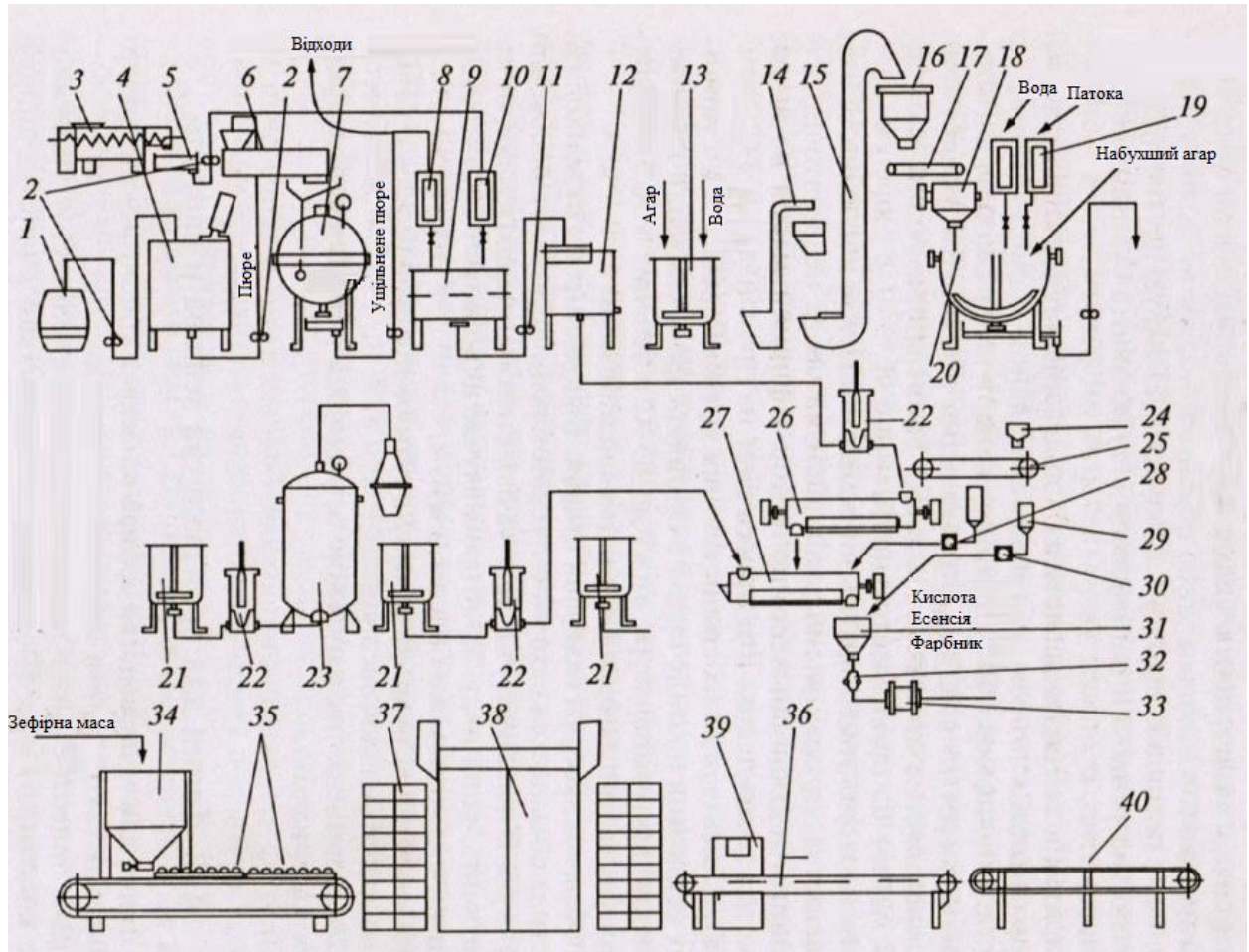
Англійська версія слова зефір - «Зефір» походить від англійської назви рослини зефір, «Марш мальва». Сік цієї рослини був незамінний для виготовлення солодошів до середини 19 століття. Тільки в сучасних рецептах желатин замінив Алтей.

Лінія виробництва зефіру на агарі показана на апаратно-технологічній схемі рис. 1.1.

Щільний яблучний соус використовують для приготування зефіру на агарі. Пюре надходить у бочки 1 або навалом і перекачується у вакуум 3, а потім у протиральну машину 5 для виробництва насосом 2. Різні партії пюре попередньо змішують у збірці 4, щоб отримати стандартну суміш. Його склад визначається в лабораторії так, що шляхом змішування пюре з необхідним вмістом сухої речовини, гелеутворюючою здатністю, кислотністю та

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Яремчук В.Ю.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва зефіру</i>	Літ.	Арк.	Аркушіє
Керівник		Романов М.С.					10	6
Зав. каф.		Ельперін І.В.				<i>НУХТ ЗАКІТ 3-1ск</i>		
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

кольором.



**Рис.1.1. Апаратурно-технологічна схема лінії виробництва зефіру**

Гелеобразуюча здатність яблучного пюре, з якого готують пастили з варення, повинна становити не менше 250 г на пристрій. Суміш виготовляється в 1-2 шари. Суміш направляється через екрани з отворами діаметром 1 мм і 0,7 мм на шліфувальних машинах 6 для протирання.

Ущільнене яблучне пюре отримують у вакуумному апараті 7 кип'ятінням натурального яблучного пюре під вакуумом.

Параметри процесу кипіння пюре: вакуум у вакуумному апараті ( $66 \pm 7$ ) кПа; Тиск пари нагріву ( $0,35 \pm 0,05$ ) МПа; Час варіння ( $25 \pm 5$ ) хвилин

Приготоване пюре подається на виробництво через об'ємний дозатор 10, роторні відходи через об'ємний дозатор 8 у змішувач 9, а потім через шестерневий насос 11 у проміжний бак 12.

При необхідності ущільнений яблучний пюре змішують з перетертими відходами. Отриману суміш направляють для приготування зефірної маси.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Одним з основних компонентів зефірної маси на агарі є цукровий пісок. Його просівають на сито 14, потім норію 15 подають у проміжний збірний продукт 16, потім цукровий пісок надходить у автоматичний дозатор для зважування 18 за допомогою стрічкового транспортера 17. Порції агару, змочені у ванні 13, вручну завантажують у чайник 20. Зважена частина цукрового піску з дозатора надходить у киплячий чайник з мішалкою 20.

Для виробництва агарно-цукрово-патокового сиропу. Тут дозують воду та мелясу пакувальники 19. Агарно-цукрово-патоковий сироп відфільтровують і додають пробірку 21, звідки він відкачується поршневым насосом 22 для кипіння.

Зварювання відбувається під тиском нагрівальної пари ( $0,3 \pm 0,1$ ) МПа на вміст сухої речовини ( $84,5 \pm 0,5\%$ ) безперервно за допомогою котушечного варильного пристрою 23 (наприклад, клас 33-А5).

Виробництво зефірної маси відбувається безперервно в установці для збивання зефірних мас під тиском типу ШЗД (26-27).

Яблучний соус із вмістом сухої речовини ( $24 \pm 1\%$ ) подається у лійку верхнього змішувача 26 поршневым дозатором (наприклад,  $\sim 7 - \sim$ ). Тут, одночасно з яблучним пюре, стрічковий конвеєр 25 завантажує цукровий пісок, який потім надходить на конвеєр через щілинний дозатор. У змішувачі 24 цукровий пісок розчиняється в яблучному пюре.

Маса, отримана від першого змішувача, надходить у другий нижній змішувач 27, куди агар-цукрово-патоковий сироп подається з дозатора поршневого насоса. Яечний білок постійно подається від дозуючого насоса 28 (наприклад, YARK-3 типу А1) у нижній змішувач ближче до випускного отвору. Компоненти змішуються рівномірно і суміш перемішується самопливом потрапляє в проміжний бак 31, в якому насос 30 безперервно виділяє емульсію кислоти, есенції та барвника з резервуара 29.

Готову суміш, що відпускається лише за рецептом, подають в ударну камеру 33 при температурі ( $54 \pm 1$ ) °С і вмісті сухої речовини ( $71 \pm 1\%$ )

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шестерневого насоса 32. На шляху переміщення рецептурної суміші в ударну камеру стиснене повітря подається в трубопровід під тиском 0,4 МПа.

Бульбашки повітря розподіляються в ударній камері 33 під тиском ( $0,29 \pm 0,01$ ) МПа і маса гомогенізується.

Готова зефірна маса надходить із збивальної камери через гнучкий шланг у лійку формувальної машини. Індекс маси зефіру: вміст сухої речовини ( $71 \pm 1\%$ ); щільність ( $425 \pm 25$ ) кг / м<sup>2</sup>.

Маса зефіру формується на верстатах для різання зефіру 34. Маса формується на дерев'яних чашах 35 (розміром 1400x400 мм), які попередньо очищені від залишків зефіру.

Лотки із формованими половинками зефіру вручну встановлюються на візок 37 і транспортуються до місця стояння.

Після структурування зефірної маси візки з лотками транспортуються в камеру 38.

Вміст сухої речовини в зефірі після висихання ( $79 \pm 2\%$ ).

Чаші з половинками зефіру встановлюються на ланцюговому конвеєрі 36, тим самим підводячи їх під механізм посипання цукровою пудрою 39 на конвеєр 40. Половинки зефіру склеюють вручну і відправляють на кладку. У процесі виготовлення при малій потужності посипання половинок зефіру цукровою пудрою здійснюється вручну за допомогою сита з отворами діаметром не більше 1,2 мм.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Для того, щоб розробити систему автоматизації через технологічний процес виробництва зефіру, автоматизовану систему, яка працює ефективно, швидко виконує поставлені перед нею завдання та має позитивні економічні ефекти, перш за все необхідно розробити завдання для автоматизації, яка показана в таблиці 1.1.

### Технологічні вимоги до системи автоматизації

Таблиця 1.1.

№ п/п	Місце відбору	Регульований параметр	Допустимі значення пар-рів	Вид автоматизації	Характер контролю чи керування	Додаткові вимоги
1.	Збірник яблучного пюре	Рівень	70-90%	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі яблучного пюре
2.		Т-ра	10-15 °С	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
3.	Вакуумний апарат	Т-ра	60-70 °С	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі пари
4.		Тиск	0,066±0,05 МПа	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на насос виводу повітря
5.		% СР	24±1 %	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
6.	Трубопровід подачі пари у вакуум апарат	Тиск	0,4±0,5 МПа	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
7.	Збірник увареного яблучного пюре	Рівень	70-90%	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
8.	Збірник цукру піску	Рівень	70-90%	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
9.	Транспортер	Вага	300±2 кг/год	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на швидкість руху стрічки транспортера
10.	Збірник розчину агару	Рівень	70-90%	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
11.	Трубопроводи подачі води та агару	Різниця витрат	350±5 л/год	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі води
12.	Трубопроводи подачі замоченого агару	Витрата	400±5 л/год	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі замоченого агару
13.	Трубопроводи подачі води та патоки	Витрата	200±5 і 120±5 л/год	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі води та патоки

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14.	Трубопровід подачі пари в котел	Тиск	0,4±0,5 МПа	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
15.	Котел	Т-ра	60-75 °С	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі пари
16.		% СР	84±1 %	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
17.	Трубопроводи подачі увареного пюре	Витрата	500±10 л/год	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на насос подачі увареного пюре
18.	Транспортер	Вага	300±2 кг/год	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на швидкість руху стрічки транспортера
19.	Агрегат 2 для збивання зефірних мас	Т-ра	50-55 °С	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на клапан подачі пари
20.		% СР	71±0,2 %	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
21.	Збиваюча машина	% СР	71±0,2 %	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
22.		Густина	425±1 кг/м <sup>3</sup>	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
23.		Тиск	0,066±0,05 МПа	Регулювання	Стабілізація потоку	Дія на насос виводу повітря
24.	Зефіроосадкова машина	Рівень	70-90%	Контроль	Покази, запис, сигналізація	Світлова
25.	Електродвигуни насосів	Стан	-	Управління	Руч. та дистанційна сигналізація	Пуск, зупинка, світлова

## 2. Система автоматизації

### 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів ВМ та регулюючих органів РО

Вибір технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО для систем автоматичного управління, регулювання та управління повинен бути зроблений насамперед. Проблема вибору пристрою вирішується шляхом переходу від загальних до часткових питань. На етапі №1 виберіть апаратний комплект для всієї системи, а потім виміряйте комплекти для окремих параметрів.

#### ТЕМПЕРАТУРА

У промисловій термометрії використовуються II основні методи вимірювання температури:

- контакт, здійснений первинним перетворювачем, який безпосередньо контактує з вимірювальним середовищем;
- безконтактний, який реалізується в пірометрах, а температура визначається тепловим електромагнітним випромінюванням нагрітих тіл.

Відповідно до основних методів вимірювання температури, термометри класифікуються наступним чином:

#### Контакт:

1) Розширювальний термометр: рідке скло (діапазон вимірювань від -200 до + 600 ° С) та дилатометричний та біметалевий (від -150 до +700 ° С). Принцип їх дії заснований на зміні об'єму рідини або лінійних розмірів твердих речовин із зміною температури;

2) манометричні термометри: (-200 ... + 1000 ° С) - термометри використовують зміну тиску газу, рідини або пари в закритому об'ємі зі зміною температури;

3) Термометри опору, що використовують залежність від електричних опору провідників та напівпровідників від температури і які поділяються на:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Яремчук В.Ю.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва зефіру</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Романов М.С.</i>					16	31
<i>Зав. каф.</i>		<i>Ельперін І.В.</i>				<i>НУХТ ЗАКІТ 3-1ск</i>		
<i>Секр. ЕК.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

а) металеві ( від  $-260$  до  $+1100$  °С) та б) напівпровідникові ( $-275\dots+600$ °С);

4) термоелектричні термометри (термопари), які використовуються в діапазоні температур ( $-200\dots+2200$  °С), а принци дії ґрунтується на зміні термоелектрорушійної сили (ТЕРС) в ланцюгу при нагріванні спаю двох різнорідних металів.

#### ***Безконтактні (пірометри):***

а) квазімонохроматичні ( $700\dots10000$ ° С);

б) спектрального відношення ( $300\dots2800$  °С);

в) повного випромінювання ( $-50\dots3500$  °С).

Принцип дії пірометрів базується на використуванні яскравості горіння чи сумарного теплового випромінювання при нагріванні тіла.

Вибір того чи іншого методу та ЗВ для вимірювання температури залежить від багатьох факторів, основними із яких є: а) межі випромінювання температури; б) точність випромінювання; в) склад і властивості вимірювального середовища.

#### **Аналіз методів на предмет можливості його використання в проекті**

Розглянемо детальніше кожен із методів вимірювання та оберемо найоптимальніший для даного випадку.

#### ***Скляні рідинні термометри***

Рідинні скляні термометри – вимірювання температури ґрунтується на різниці коефіцієнтів об'ємного розширення матеріалу оболонки корпусу термометра та рідини, яка в ньому міститься (розміщена) в залежності від температури.

**Переваги скляних рідинних термометрів:** простота конструкції, невисока вартість, достатня точність. **Недоліки:** відсутність дистанційної передачі та реєстрації показів, значна теплова інерційність, незручність зняття показів і невисока механічна міцність, що обмежує їх використання в технологічних вимірюваннях.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Висновок:** відсутність дистанційної передачі робить неможливим регулювання температури в певних ділянках, адже вихідний сигнал в 4-20 мА необхідний для подальшої обробки на локальних регуляторах. Даний метод вимірювання не може використовуватись.

### ***Манометричні термометри***

Принцип роботи манометричних термометрів заснований на механічному русі швидкочутливого елемента в закритій герметичній системі внаслідок змін або тиску газу, або зміни обсягу рідини, або зміни тиску насиченої пари в залежності від вимірюваної температури.

Манометричні термометри характеризуються простою конструкцією, можливістю віддаленої передачі вимірних величин та автоматичного запису. Однією з важливих переваг є можливість їх використання в зонах пожежо- та вибухонебезпеки. До недоліків можна віднести складність ремонту системи при розгерметизації системи, обмежену відстань віддаленої передачі та, у багатьох випадках, великий розмір теплових балонів. Газові та рідинні манометричні термометри мають клас точності 1; 1,5 і 2,5 і паровий - 1,5; 2,5 і 4.

**Висновок:** манометричні термометри мають низький клас точності, їх установка в трубопроводах та обладнанні досить складна. Ймовірність розгерметизації циліндра під час роботи досить велика. Цей метод вимірювання не можна використовувати.

### ***Термоелектричні термометри***

Принцип дії термоелектричних термометрів (термопар) ґрунтується на ефекті виникнення електрорушійної сили (ЕРС) в замкнутому ланцюгу, який складається із різнорідних провідників.

**Переваги термопар:** висока точність вимірювання значень температури (аж до  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ ), великий температурний діапазон виміру: від  $-250^\circ\text{C}$  до  $2500^\circ\text{C}$ , простота, дешевизна, надійність.

#### **Недоліки:**

- Для отримання високої точності вимірювання температури ( до  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ ) потрібна індивідуальна градуювання термопари.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- На показання впливає температура вільних кінців, на яку необхідно вносити поправку. У сучасних конструкціях вимірювачів на основі термопар використовується вимірювання температури блоку холодного спаю за допомогою вбудованого термистора або напівпровідникового сенсора і автоматичне введення поправки до виміряної ТЕДС .
- Ефект Пельтьє ( в момент зняття показників, необхідно виключити протікання струму через термопару, так як струм, що протікає через неї, охолоджує гарячий спай і розігріває холодний) .
- Залежність ТЕРС від температури істотно нелінійний. Це створює труднощі при розробці вторинного перетворювача сигналу.
- Виникнення термоелектричної неоднорідності в результаті різкого перепаду температури, механічних напружень, корозії і хімічних процесів в провідниках призводить до зміни градууювальної характеристики і погрішностей до 5 К.
- На великій довжині термопарних і подовжувальних проводів може виникати ефект «антени» для існуючих електромагнітних полів.

**Висновок:** діапазон вимірювання занадто великий (до 2000°С), можуть виникати похибки вимірювальні при великій довжині термопарних і подовжувальних проводів.

Даний метод вимірювання може бути використаний як альтернатива наступному.

### ***Термометри опору***

Принцип дії термометрів опору ґрунтується на властивості провідників (металів) та напівпровідників змінювати свій електричний опір **R** в залежності від зміни їхньої температури *t*.

#### **Переваги:**

- Висока точність вимірювання (зазвичай біля ±0,1°С)
- Висока надійність при використанні 4-х провідної схеми вимірювання

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Простота конструкції
- Простота монтажу

**Недоліки:**

- Низький діапазон вимірювання (в порівнянні з термопарами)
- Не можуть вимірювати високі температури

**Висновок:** Висока точність, простота в конструкції, стійкість до агресивних середовищ є визначальними факторами у виборі вимірювального перетворювача. В даному кваліфікаційному проекті термометри опору є найбільш оптимальними засобами для вимірювання температури.

**Вибір первинного вимірювального перетворювача ПВП та вторинного приладу ВП**

**Принцип дії ПВП**

Нещодавно були виготовлені мідні термометри типу ТСМУ з перетворювачами нормалізації, розміщені в їх головах, а також подібні платинові ТСПУ з рівномірними вихідними сигналами (від 4 до 20 мА). Це так звані інтелектуальні датчики.

Датчик температури SITRANS TF2 є одним із останнього покоління інтелектуальних датчиків.



**Рис.2.1. Зовнішній вигляд Sitrans TF2**

Настроюваний Sitrans TF2 (рис. 2.1) - це компактний датчик температури

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з цифровим дисплеєм і термометром опору Pt100. Призначення пристрою - відображати і контролювати температуру, виміряну на технологічній лінії на місці, і віддалено передавати сигнал інформації про вимірювання.

Датчик температури SITRANS TF2 поєднує в собі три компоненти:

- термометр опору Pt100 у захисній трубці з нержавіючої сталі;
- корпус з нержавіючої сталі з високим класом захисту;
- Вбудований та налаштовуваний мікропроцесорний перетворювач з трьома кнопками та рідкокристалічним дисплеєм (РК).

Вхід: виміряне значення - температура в діапазоні  $-50 \dots + 200 \text{ }^\circ \text{C}$ .

Вихід: Рівномірний сигнал  $4 \dots 20 \text{ mA}$  на силових кабелях.

Абсолютна похибка при температурі навколишнього середовища в межах  $(23 \pm 5) \text{ }^\circ \text{C}$  становить:  $< \pm (0,45 \text{ }^\circ \text{C} + 0,2\%)$  верхньої межі встановленого діапазону.

### ***РІВЕНЬ***

Пристрої рівня поділяються на дві основні групи: індикатори рівня - для отримання постійної інформації про положення рівня в баку в будь-який час, і індикатори рівня - для отримання інформації (дискретний сигнал) при досягненні рівня деяких фіксованих значень. Індикатори рівня часто мають сигнальні пристрої і виконують функції сигнальних пристроїв.

Промисловість випускає широкий асортимент нівелірних пристроїв, які за призначенням та конструкцією класифікуються наступним чином:

- за типом контрольованого матеріалу:

- а) рівневі пристрої для рідин;
- б) вирівнюючі пристрої для сипучих вантажів.

-за принципом дії:

- 1) індексні окуляри (імплементация закону про сполучені судна);
- 2) плавати і буй;
- 3) гідростатичний;
- 4) ємнісний;
- 5) акустична (ультразвукова);

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- б) індуктивні;
  - 7) радарні та мікрохвильові;
  - 8) електроконтактні.
- за способом відліку:
- а) з безпосереднім відліком;
  - б) з електричною передачею показів;
  - в) з пневматичною передачею показів.
- за типом ємності:

- а) для відкритих та для закритих ємностей під тиском.

Аналіз методів на можливості його використання в проєкті

### ***Поплавкові та буйкові рівнеміри***

Поплавок - це лічильник рівня, функціональний принцип якого заснований на залежності положення сенсорного елемента - поплавця від рівня рідини, в якій він знаходиться. Поплавок плаває на поверхні рідини і стежить за її рівнем. Деяке занурення поплавця в вимірювану рідину при постійній густині є постійним. Рівень визначається положенням покажчика, який підключений до поплавця за допомогою гнучкого (стрічка, кабель) або жорсткого механічного з'єднання.

Буї - це рівнеміри, функціональний принцип яких базується на законі Архімеда: залежність сили відштовхування, що діє на буї чутливих елементів, від рівня рідини (див. Розділ Істориномери).

Недоліком поплавкових показників рівня та регуляторів рівня є велика витрата металу, недостатня надійність та точність. Значення коливань щільності рідини викликає додаткову похибку вимірювання. Щоб це зменшити, занурення поплавця слід зменшити, або збільшивши площу поперечного перерізу, або полегшивши поплавок.

Переваги поплавкових датчиків рівня: простота конструкції; широкий спектр вимірювань; досить висока точність і можливість вимірювати агресивні та в'язкі середовища. Вони найчастіше використовуються для вимірювання

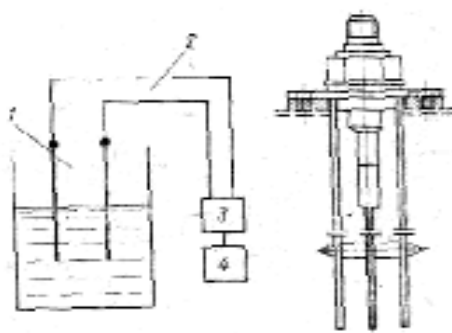
					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівня рідини у великих відкритих резервуарах і закриваються при низькому тиску.

**Висновок:** поплавкові й буйкові рівнеміри, не можуть використовуватися для контролю рідин, які швидко кристалізуються, липких і грузлих продуктів. Затор є грузлим продуктом, тому використання буйкових рівнемірів неможливе.

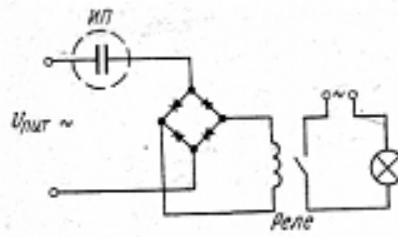
### *Ємнісні рівнеміри*

У ємнісних рівнемірах використовуються діелектричні властивості рідин. Первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) ємнісного рівнеміра (рис. 6.4) являє собою електричний конденсатор, який перетворює зміну рівня рідини на пропорційне змінювання ємності. ПВП являє собою електрод або електроди (циліндричні або у вигляді пластин), що опускаються у вимірюване за рівнем середовище.



**Рис.2.2. Структурна схема та вимірювальний блок ємнісного рівнеміра**

Принцип ємнісних ПВП ґрунтується на різниці між діелектричною проникністю рідини та повітря і відповідно на залежності електричної ємності датчика від зміни рівня рідини або сипкого матеріалу постійної вологості. Для кожного значення рівня, ємність датчика визначається як ємність двох паралельно з'єднаних конденсаторів, один з яких утворюється частиною електродів перетворювача і рідиною, рівень якої вимірюється, а другий — іншою частиною електродів перетворювача і повітрям або паром рідини.



**Рис.2.3. Принципова електрична схема ємнісного рівнеміра**

Ємнісний рівнемір (рис.2.2) складається з ПВП 1, що опускається у вимірюване середовище, проводів з'єднання 2, вимірювального блоку 3 і показуючого або самописного приладу 4.

Ємність перетворювача, що має постійну по висоті форму електродів (у  $\Phi$ ):

$$C = \epsilon G_0 h + \epsilon_0 G_0 (l-h) = [(\epsilon_r - 1) h + 1] \epsilon_0 G_0, \quad (2.1)$$

де  $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$  — абсолютна діелектрична проникність матеріалу,  $\Phi/\text{м}$ ;

$G_0$  - стала провідності системи електродів, яка залежить від їхньої геометрії;  $h$  — глибина занурення електрода в матеріал, м;  $l$  — повна довжина електродів, м.

Для неелектропровідних матеріалів застосовуються неізольовані електроди у вигляді стержня, двох коаксіальних циліндрів або паралельних пластин. Для електропровідних матеріалів електроди покриваються шаром ізоляції, частіше всього фторопластом. Електроди включаються в мостову схему або коливальний контур генератора високої частоти. Зміна рівня вимірювального середовища приводить до зміни ємності у міжелектроному просторі датчика, що для пластинчатого перетворювача викликає зміну його ємності за формулою:

$$C_{II} = [0,088b/a] [\epsilon_{ж}h + \epsilon_{cp} (H-h)], \quad (2.2)$$

де  $b$  - ширина пластини перетворювача, м;  $a$  — відстань, між пластинами, м;  $\epsilon_{ж}$  - діелектрична проникність рідини;  $h$  — вимірювана висота рівня, м;  $\epsilon_{cp}$  — діелектрична проникність середовища (для повітря  $\epsilon_{в}=1$ );  $H$  — висота (довжина) пластин, м.

Ємнісні детектори рівня мають простішу конструкцію, ніж ємнісні датчики рівня та ємнісні реле, які працюють, коли середній рівень наближається до електрода (або коли він занурений у середовище).

### ***ТИСК***

Манометри можна розділити на дві великі групи за функціональним принципом. Перший утворений пристроями, в яких сили, що створюються вимірювальним тиском, врівноважуються відомими силами (сила тяжіння або пружна деформація). До цієї групи належать: рідинні, деформаційні та вагові манометри.

Рідкі манометри засновані на гідростатичному принципі, коли вимірювальний тиск врівноважується гідростатичним тиском колони манометричної рідини.

Вони включають:

- а) двотрубний манометр (П-подібний) або вакуумметр;
- б) однострубний манометр з постійним або змінним кутом;
- в) ртутний барометр (чашка або сильфон);
- г) компенсаційний манометр;
- д) укорочений рідинний манометр;
- д) багатотрубний манометр;
- ж) компресійний манометр.

Деформаційні манометри (пружинні манометри), в яких вимірювальний тиск або різниця тисків визначаються деформацією пружно чутливого елемента, які використовуються:

- а) Трубки Бурдона різної конфігурації: одинарна та багаторазова гвинтові пружини; S-подібний гвинт;
- б) мембрани: плоскі та з хвилями (трапецієподібні, синусоїдальні та крайові); Мембранні коробки; Мембранні акумуляторні батареї; Сильфони (гармонійні мембрани).

Вагопоршневі манометри. В них тиск або різниця тисків зрівноважується

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиском, який утворюється в циліндрі мірними вагами (гирями) та вагою не стиснений поршень. Такі манометри поділяються на типи: - з простим поршнем; - з поршнем диференціала; - зі збалансованим поршнем; - з поршневим множником тиску.

Другу групу складають пристрої, в яких тиск вимірюється шляхом зміни іншої фізичної властивості тіла під дією сил стиску. Група складається з манометрів: електричного та спеціального.

Найпоширеніший функціональний принцип роботи електричних манометрів останнім часом заснований на залежності змін електричних параметрів датчика манометра від вимірюваного тиску. До них належать:

Манометри опору, функціональний принцип яких заснований на зміні опору чутливого елемента під дією зовнішнього тиску.

Манометри з тензодатчиками - Принцип роботи також заснований на зміні електричного опору чутливого елемента з чутливого до напруги матеріалу (константа або сплави нікелю та міді або нікелю та хрому), але його деформація внаслідок вимірюваний тиск.

П'єзоелектричні (п'єзокварцові) манометри - Принцип дії заснований на властивостях деяких кристалічних речовин генерувати електричні заряди під дією сили, що діє на них.

Ємнісні манометри - засновані на зміні ємності плоского конденсатора із зміною відстані між його кришками під тиском.

До спеціальних манометрів належать:

Тепловий манометр - при них ступінь зрідження являє собою зменшення теплопровідності скрапленого газу.

Оптичні манометри - засновані на зміні показника заломлення світла в газі при зміні тиску.

Манометри акустичного тиску - Використовуйте зміну щільності газу зі зміною тиску та пов'язану із цим зміну резонансної частоти заповненого газом ліктя скороченого манометра рідини, який є акустичним резонатором.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Іонізаційні вакуумметри - засновані на залежності іонного струму спеціальної манометричної лампи, яка підключена до вимірюваного тиском газового середовища та вторинного вимірювального пристрою, від тиску в цьому середовищі. Ці групи не повністю виключають різноманітність принципів роботи, що використовуються в манометрах.

Вибираємо п'єзоелектричний манометр.

Функціональний принцип тензорезисторів заснований на так званому деформаційному ефекті - зміні їх активного опору провідника у разі пружних деформацій. Тензодатчик найчастіше використовується для натягування дроту або стрічки з чутливого до напруг матеріалу. Такі перетворювачі використовуються для вимірювання невеликих переміщень, деформацій або інших механічних величин, пов'язаних з деформаціями.

Константи, сплави міді та нікелю, нікелю та хрому використовуються як матеріали для тензорезисторів. Окрім металевих теплообмінників, все частіше використовуються напівпровідники, які характеризуються набагато вищою чутливістю, меншими розмірами та масою.

У цьому проекті було обрано манометр Sitrans P ZD, в якому в якості чутливого елемента вбудований тензометр.

**Переваги:**

- висока точність вимірювання;
- надійність конструкції;
- стійкість до агресивних середовищ.

**Недоліки:** відносна дороговизна.

**Висновки:** саме вище перелічені плюси рівнеміра і стали вирішальними при виборі методу вимірювання.

***ВИТРАТА***

За принципом дії витратоміри поділяють на витратоміри сипких матеріалів та рідин і газів. Останні в свою чергу ділять на:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- лічильники рідин та газів;
- витратоміри змінного та постійного перепаду тисків;
- індукційні витратоміри;
- витратоміри змінного рівня (щілинні).

Для вимірювання об'єму або маси речовини застосовуються також лічильники кількості. Для вимірювання маси твердих та сипких матеріалів застосовуються вагові лічильники; дозування сипких та рідинних речовин проводиться об'ємними та ваговими дозаторами.

### **Аналіз методів на предмет можливості його використання в проєкті**

#### ***Тахометричні лічильники***

Тахометричні вимірювальні прилади для рідин та газів поділяються на швидкість та об'єм відповідно до функціонального принципу. У високошвидкісних пристроях рідина, що протікає через камеру, обертає вертушку, кутова швидкість якої пропорційна швидкості потоку. Такі прилади використовуються як лічильники гарячої та холодної води.

#### **Переваги:**

- проста конструкція;
- можливість вимірювання потоку рідин, що містять механічні домішки.

#### **Недолік:**

- збільшення амплітуди вібрації рухомого елемента та в результаті ударів об стінки вимірювальної камери;
- складність у забезпеченні надійності перетворювача щодо швидкості рухомого елемента у вихідному частотному сигналі.

**Висновки:** Робоче середовище витратоміра агресивне (висока температура), а тахометри в основному використовуються для вимірювання витрати води та неагресивної рідини. Цей метод вимірювання не можна використовувати.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк. <b>28</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **Витратоміри змінного та постійного перепаду тиску**

Змінні та постійні витрати на перепад тиску первинних перетворювачів (ПВП) стосуються місцевих перетворювачів, тобто перетворювачів, які трохи обмежують основний потік рідини або газу в трубопроводі. Функціональний принцип таких перетворювачів заснований на законі Даніло Бепнуллі стаціонарного руху ідеальної рідини: звуження і відразу після звуження.

#### **Переваги:**

- простота конструкції та надійність у роботі;
- широкий діапазон вимірювань.

#### **Недолік:**

- необхідність вертикального положення;
- Рівень поплавкового показника залежить від щільності та в'язкості середовища.
- необхідність візуального зчитування виміряних значень, що ускладнює використання такої конструкції в автоматичі;
- Оптичне зчитування можливе лише для прозорих рідин.

**Висновок:** Складність установки та в'язкість рідини суттєво впливають на точність вимірювання. Цей метод вимірювання не можна використовувати.

### **Індукційний витратомір**

Принцип роботи всіх витратомірів магнітної індукції заснований на явищі, описаному законом Фарадея про електромагнітну індукцію. Суть явища електромагнітної індукції та закону Фарадея полягає в тому, що під час руху провідника в магнітному полі на його кінцях виникає наведена електрорушійна сила  $U$ , яка пропорційна довжині  $L$  провідника, швидкості  $V$ , магнітній індукції  $B$  та напрямком швидкості:

$$U_m = B V L \sin \alpha \quad (2.3)$$

#### **Переваги:**

- температура, тиск, в'язкість та густина рідини не впливають на результати вимірювань.

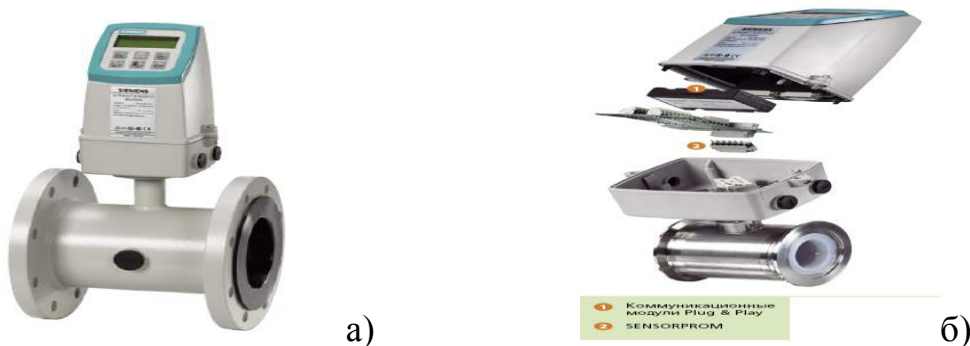
					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- витратомір здійснює вимірювання витрати агресивних та частково абразивних середовищ за умови правильного вибору матеріалу внутрішньої труби та електродів.
- тверді частинки, що попадають у вимірювальний перетворювач одночасно з вимірюваним середовищем (рідиною), як правило не впливають на результати вимірювань.
- максимальна похибка вимірювання для складає - 0,25% .

**Висновок:** висока чіткість вимірювання, невибагливість до середовища, легкість монтажу робить цей метод вимірювання найбільш прийнятним для даної ділянки технологічного процесу.

### **Вибір ПВП (первинного вимірювального перетворювача) та ВП (вторинного приладу). Принцип дії ПВП.**

Магніто-індукційний витратомір Sitrans FM MAG 6000 фірми «Siemens» є керуючий мікропроцесорний вимірювальний перетворювач з вбудованим текстовим індикаційним режимом налаштування та роботу на 11-ти мовах. В залежності від місця розташування витратоміра, він виконується у вигляді або компактного приладу (рис. 2.5,а), або у вигляді двох блоків: сенсора MAGFLO та вторинного вимірювального перетворювача MAG 6000 (мікропроцесорного блоку живлення та обробки, рис. 2.5,б). Останній може бути розташований на відстані на щиті.



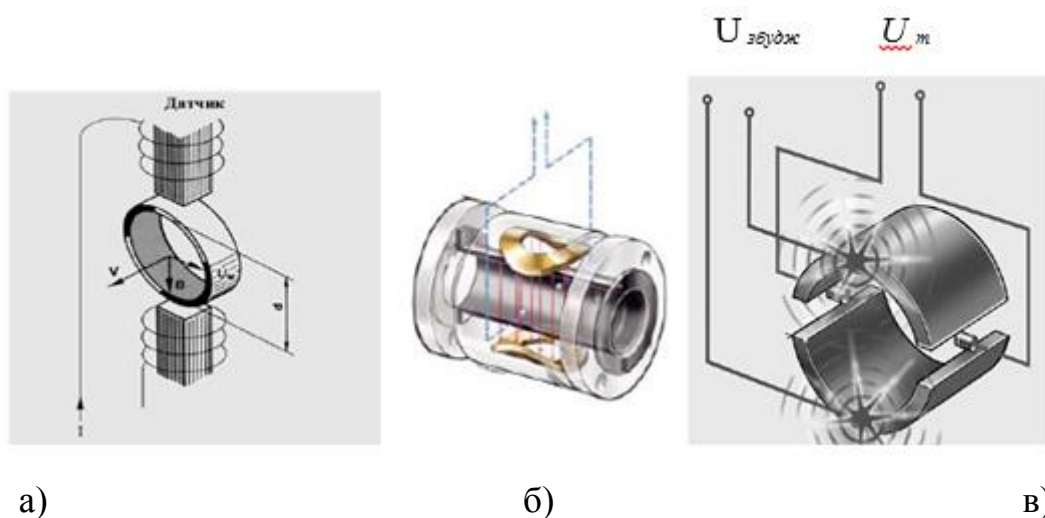
**Рис.2.5 Магніто-індукційний витратомір Sitrans FM MAG 6000 фірми Siemens.**

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Комплект Sitrans FM MAG 6000 призначений для вимірювання витрати потоку практично всіх електропровідних рідин, а також суспензій та паст. Єдиною умовою його нормальної роботи є наявність хоча б мінімальної (5 мікросим/см) електропровідності в середовищі, витрати якого вимірюють.

### Принцип дії ПВП

На рис.2.6,а приведена узагальнена схема індукційного первинного вимірювального перетворювача витрати, де зображено електромагніт, який збуджується змінним струмом  $I$  (напругою збудження  $U^{збудж}$ ) і який на ділянці між полюсами створює рівномірне однорідне магнітне поле з індукцією  $B$ . Розміщення обмоток збудження електромагніту показано і на рис.2.6,б та рис.2.6,в. В полі магніту розміщена немагнітна труба, по якій протікає вимірювальна по витратам рідина з швидкістю  $V$ . В індукційному витратомірі рухомим провідником є електропровідна рідина, витрати якої вимірюють. Магнітна індукція  $B$  пронизує рідину вертикально відносно напрямку її потоку ( $\sin \alpha = \sin 90^\circ = 1$ ), і в рідині, як у рухомому провіднику, наводиться (індукується) електрорушійна сила  $U^m$ .



**Рис.2.6. Узагальнена принципова схема будь якого магнітно-індукційного сенсора**

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Значення цієї електрорушійної сили знімається з двох точкових електродів, що розміщуються на протилежних кінцях внутрішнього діаметру немагнітної труби і здвинуті по відношенню до обмоток збудження на  $90^\circ$  (рис.2.6,б та в). Електроди контактують з вимірюваною за витратами рідиною, але ізольовані від труби, яка виготовляється, як правило, із нержавіючої сталі.

В загальному, індукована в рідині ЕРС дорівнює:

$$U_m = B * V * d, \quad (2.4)$$

де  $B$  – магнітна індукція, тл;  $V$  – швидкість потоку, м/с;  $d$  – довжина рідинного провідника, що відповідає довжині провідника  $L$  по залежності (2.4) і дорівнює діаметру трубопроводу, м.

Витрата рідини у трубопроводі дорівнює добутку площі перетину трубопроводу на швидкість потоку  $V$ :

$$F = S * V. \quad (2.5)$$

У результаті спільного розв'язання рівнянь (2) та (3) отримуємо:

$$F = S \left( \frac{U_m}{B * d} \right) = \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) * \left( \frac{U_m}{B * d} \right) = k * U_m, \quad (2.6)$$

де  $k$  — коефіцієнт пропорційності (постійна сенсора), який залежний від конструкції приладу.

Таким чином, витрата рідини у трубопроводі, вимірювальна за допомогою індукційного витратоміру, буде пропорційна ЕРС  $U_m$ . Сигнал первинного перетворювача індукційного витратоміра містить, крім корисної складової, що визначається формулою (2.6) і є мірою витрати, трансформаторну ЕРС, що наводиться електромагнітним полем перетворювача в рухомому рідинному провіднику. Трансформаторна ЕРС зсунута по фазі відносно корисного сигналу на  $90^\circ$  і компенсується за допомогою ланцюга, що складається із спеціального подільника напруги.

## 2.2. Схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації (FSA) використовується для визначення основних контурів контролю та регулювання технологічних

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

основних параметрів. Детально описуємо схему автоматизації технологічного процесу виробництва зефіру (креслення 1).

### ***Контур вимірювання рівня***

Вимірювання рівня в колекціях пюре, вареного яблучного пюре, цукрового піску, розчину агару та зефіру здійснюється за допомогою радіолокатора. Sitrans LR200 (2а, 6а, 7а, 9а, 24а) подається на модуль ІРС (аналоговий вхід) та на оператора ПК.

### ***Контур вимірювання та контролю тиску***

Тиск вимірюється та регулюється у вакуумному апараті для випаровування пюре, у трубопроводах подачі пари та у збивачі. Вимірювання проводять за допомогою манометрів Sitrans P ZD (4а, 5а, 14а, 23а) з рівномірним вихідним сигналом 4-20 мА, сигнал якого подається на МПК, значення тиску якого відображається на екран оператора. Тиск в котлі та в змішувачі регулюється наступним чином. Сигнал від 4 до 20 мА від датчика подається в модуль аналогових сигналів МПК, де обробляється в порівнянні з заданим значенням і в разі невідповідності модулем аналогових виходів пропорційний сигнал 4-20 мА надходить на Векторний перетворювач частоти Lenze 8200 (5b, 23b), який регулює швидкість двигуна, викачуючи повітряний насос з пристрою та підтримуючи заданий тиск.

### ***Контур регулювання температури***

Температура в цьому відділі регулюється у вакуумному пристрої, котлі, агрегаті для збивання зефірних мас. Контроль відбувається в колекції яблучного пюре. Температуру вимірюють за допомогою PVP pt100 (1а, 3а, 16а, 20а). Сигнал подається на вторинний перетворювач Sitrans TF2 (1b, 3b, 16b, 20b).

Регулювання температури у вакуумному пристрої здійснюється наступним чином: Температура вимірюється за допомогою PVP і передається на вторинний перетворювач 3b. Сигнал 4-20 мА від датчика 3b подається на МПК, температура порівнюється із встановленим значенням. У разі

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розбіжностей, на виході МПК є сигнал управління 4-20 мА, який подається в електричну систему. Пневматичний перетворювач EPP-1211 (3b), який перетворює 4-20 мА в уніфікований пневматичний 20-100 кПа, який, у свою чергу, надходить у пневматичний клапан Metran 8560 (3g), який змінює кількість пари, що надходить у пристрій.

Температура в установці для збивання зефіру 2 і в чайнику регулюється таким же чином.

### ***Петлі управління потоком***

Регулювання потоку здійснюється шляхом дозування речовини в котел і установку для змішування зефірних мас 1 і 2.

Витрата цукру в пристрої для збивання зефірних мас вимірюється конвеєрною шкалою VT-02 (8a, 18a) з рівномірним струмовим сигналом від 4 до 20 мА. Двигун конвеєра запускається через векторний перетворювач частоти Lenze 8200 (8b, 18b) і сировина подається в пристрій. Як тільки певна сировинна цінність проходить транспортерні ваги, двигуни М2 і М4 вимикаються.

Потік рідких речовин вимірюється за допомогою індукційного потоку PVP Sitrans FM MAGG 1100 (10a, 10b, 11a, 12a, 13a, 17a, 25a). Інформація передається у перетворювач вторинного потоку Sitrans MAGG 6000 (10b, 10g, 11b, 12b, 13b, 17b, 25b). Далі вартість вартості відображається на екрані оператора через ІРС.

Коли компоненти розподіляються електропневматичним перетворювачем EPP-1211 (10d, 11v, 12v, 13v, 17v, 25v), пневматичний клапан відкривається для дозування компонента (10e, 11g, 12g, 13g, 17g, 25g). Як тільки значення витрати досягає певного значення, яке вимірюється електромагнітним витратоміром, сигнал від МПК подається до електропневматичного перетворювача EPP-1211 через аналоговий вихідний модуль і пропорційний рівномірний пневматичний сигнал 20-100 кПа подається на пневматику.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

Управління двигуном мішалок та насосів реалізовано по місцю, а також з місця оператора через ПК оператора. Запуск через магнітний пускач КМ1-КМ10.

***Контур вимірювання вмісту сухої речовини***

Концентрацію вимірюють у вакуумному приладі, чайнику, збивачі та блоці для збивання зефірних мас 2. Вимірювання проводять промисловим рефрактометром PR-1М (15а, 19а, 21а, 26а) з рівномірним вихідним сигналом від 4 до 20 мА, сигнал М Значення відображається на екрані оператора.

***Контур вимірювання вмісту сухої речовини***

Щільність суміші вимірюють у збивачі за допомогою буйового денситометра ТМ-1 (22а) з рівномірним вихідним сигналом від 4 до 20 мА, сигнал якого подається на МПК. Значення відображається на екрані оператора.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

### 2.3. Специфікація приладів та засобів автоматизації

Таблиця 2.1.

№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К- ть	Виробник
16, 36, 166, 206	Вторинний перетворювач Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...180 °С, Клас точності-0,25.	Sitrans TF2	4	Siemens
1а, 3а, 16а, 20а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Найменування: Мідь-константан Робочий діапазон: -200 ... 260 С	Pt100	4	ВАТ Тера
2а, 6а, 7а, 9а, 24а	Радарний рівнемір. Клас точності-0,25. Межі вимірювань 0,3...15 м. Частота випромінювання 44 кГц.	Sitrans LR200	5	Siemens
10а,10б, 11а,12а, 13а,17а, 25а	Сенсор витрати. Діаметр Dу: 15..2000 мм Т-ра вимір. сер-ща: -40-180°С. Тиск: до 40 бар. Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000).Ступінь пило-вологозахисту: IP68. Вихід. сигнал: 1 струмовий, 1 частотний / імпульсний, 1 релейний. Напруга живлення: 24 VAC/DC.	Sitrans MagFlo 1100	7	Siemens
10в,10г, 116,126, 136,176, 256	Вторинний перетворювач витрати Вихід. сигнал 4-20 мА. Т-ра вимір. сер-ща: -40 ... 180°С. Тиск до 40 бар.	MAG 6000	8	Siemens
4а, 5а, 14а, 23а	Манометр показувальний. Верхня межа вимірювання – 1.6 МПа. Клас точності -0,25. Вихід. сигнал: 4...20 мА.	Sitrans P Серія ZD	4	Siemens

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Кваліфікаційна робота

Арк.

36

8а, 18а	Конвеєрні ваги. Вихід. сигнал 4-20 мА Т-ра вимір. сер-ща: -20-150°С. Клас точності -0,25. Діапазон вимір.: 0-1000 кг.	ВТ-02	2	Промприбор
15а,19а, 21а, 26а	Робочий діапазон показника заломлення середовища: 1,320 - 1,540. Робочі межі концентрації: 0 - 100%. Т-ра контрол. розчину: 0 - 140 °С. Вихід. сигнал:4 - 20 мА. RS232 / RS485	ПР-1М	4	Промприбор
2б, 10д, 11в,12в, 13в,16в, 20в	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 мА. Вих. сиг. 20-100 кПа.Тиск повітря живлення: 140 КПа.	ЕПП-1211	7	Промприбор
2в,10е, 11г, 12г, 13г, 16г, 20г	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа.Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 3 ... 12 дюйм.	Метран 8560	7	Метран
22а	Густиномір буйковий. Діапазон вимір. щільності, 0,5 ± 2,5 г / см <sup>3</sup> . Частота 50 Гц. Живлення від мережі змінного струму. Споживана потужність, не більше, 220 Вт. Вихід. сигнал: 4-20 мА. Похибка вимірювання ± 0,5%. Відстань від ТДС до ПМВ, не більше, м 10 Ступінь захисту IP-65. Темпер. навкол. серед-ща, -10..+50 ° С.	ТМ-1	1	Промприбор
4б, 8б, 18б,23б, 17в, 25в	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20мА, 4-20мА); Напруга живлення: 180...264 VAC; Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° С.	S500	6	Mitsubishi
КМ1- КМ10	Магнітний пускач (контактор) Кількість полюсів: 3 Номінальний струм, А: 60 Ланцюг управління, В: 220 Тип приєднання: зажим під гвинт Блок контактів: 1НО+1НЗ.	LC1D95M7	10	Schneider electric

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

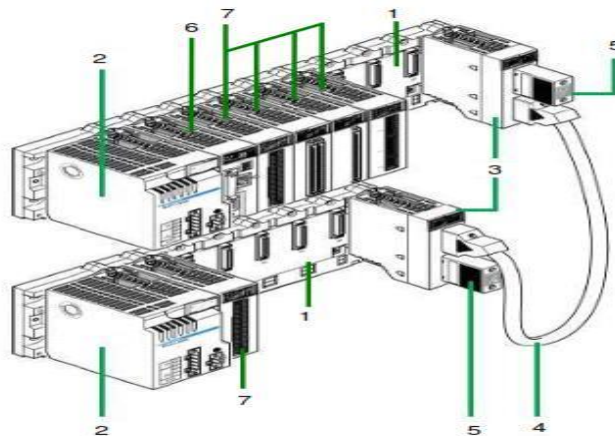
Кваліфікаційна робота

Арк.

37

## 2.4. Проектне компонування мікропроцесорних контролерів

Процес контролюється багатофункціональним мікропроцесорним контролером Modicon M340. Застосовується для збору, обробки інформації, реалізації функцій управління, програмного та логічного управління, регулювання, аварійного захисту та блокування. Це промисловий контролер нового покоління від Schneider Electric, запрограмований на програмне забезпечення Unity Pro. Modicon M340 - це модульний контролер, конфігурація якого вибирається залежно від кількості входів / виходів та алгоритму управління. Модулі кріпляться на шасі, яке виконує механічну та електричну функції. Така конструкція дає можливість оперативної заміни модулів без зупинки контролера. M340 може включати від 1-го до 4-х шасі з різною кількістю місць для установки модулів (від 4-х до 12-ти) , об'єднаних між собою BusX шиною, загальною довжиною до 30 м.



**Рис.2.7. Мікропроцесорний контролер Modicon M340**

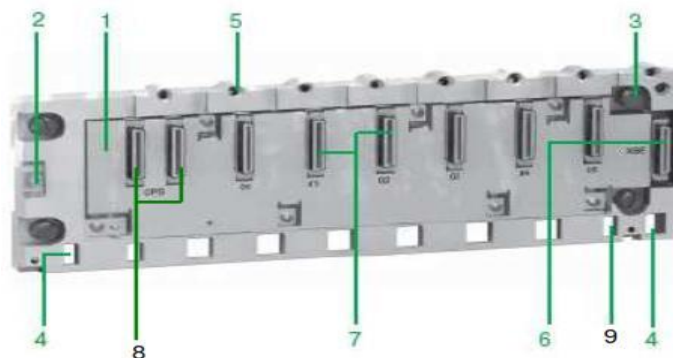
1. Корпус, на якому встановлені модулі.
2. Блок живлення, який повинен бути присутнім у кожному корпусі, встановлюється у спеціально розробленому місці в корпусі.
3. Модуль розширення для контролерів на основі декількох шасі.
4. Розширювальні кабелі BusX, які з'єднують модулі розширення з сусідніми корпусами.
5. Кінцеві резистори в останніх модулях розширення архітектури M340.
6. Модуль обробки, який повинен бути розміщений на шасі з номером

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

00 у шасі, що має номер 0.

7. Модулі вводу-виводу та спеціальні модулі, розташовані в будь-якому сидінні.

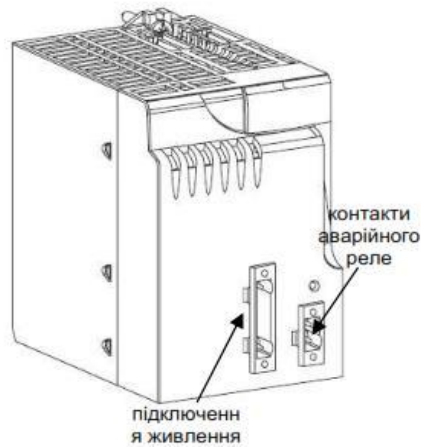
Основним структурним елементом органу управління є шасі (рис. 2.8.). З одного боку, шасі використовується як конструктивний елемент, на якому розміщені та закріплені окремі модулі управління – шасі має загальну шину BusX, яка забезпечує як модулі, встановлені в шасі, так і обмін сигналами та даними між окремими модулями контролера. Шасі можна закріпити на стандартній DIN-рейці або за допомогою гвинтів.



**Рис.2.8. Шасі Modicon M340**

1. Металевий каркас. 2. Затиск заземлення. 3. Отвори для кріплення корпусу. 4. Кріплення для заземлення кабелів від кабелів. 5. Різьбові отвори для гвинта для кріплення кожного модуля. 6. Підключення модуля розширення (підписаний як XBE). З'єднання для процесорних модулів, модулів вводу-виводу, модулів зв'язку та спеціальних модулів. 8. З'єднання модулів живлення (підписані як CPS). 9. Отвори для кріпильних штифтів модуля.

Усі модулі корпусу, включаючи процесор, живляться через внутрішню шину модуля живлення BMX CPS® (рис. 2.9).



**Рис.2.9. Модуль живлення BMX CPS...**

Модуль живлення вибирається на основі типу джерела живлення (постійного або змінного струму) та споживаної потужності, і встановлюється в кожному корпусі в роз'ємах із маркуванням CPS. Розрахунок енергоспоживання залежить від кількості та типу модулів, встановлених в корпусі. Цей розрахунок також можна виконати в програмуванні UNITY PRO під час процесу конфігурації апаратного забезпечення ПЛК. Кожен модуль живлення M340 має аварійне реле, яке вимикається, якщо контролер зупинений або якщо система самодіагностики виявляє неправильну вихідну напругу від джерела живлення.

Модулі процесора M340 відрізняються своєю функціональністю: швидкістю обробки команд, кількістю входів / виходів, які може обробити контролер, кількістю спеціальних каналів, обсягом доступної оперативної пам'яті та інтегрованими засобами зв'язку в модулі ЦП.

### Загальні характеристики процесорних модулів

**Таблиця 2.2.**

Характеристика		BMX P34 1000	BMX P34 2000	BMX P34 2010	BMX P34 2020	BMX P34 2030
Макс. кількість	шасі	2	4			
	дискретних вх+вих.	512	1024			
	аналогових вх+вих	128	256			
	лічильних каналів	20	36			
Об'єм RAM	загальний розмір	2048 Кб	4096 Кб			
	для програм, констант, символів	1792 Кб	3584			
	для даних	128 Кб	256 Кб			
Макс. кількість об'єктів	локалізовані внутрішні біти %Mi	16250	32464			
	локалізовані внутр. слова %MWi		32464			
	нелокалізовані внутрішні дані	128 Кб	256 Кб			
вбудовані комунікації	послідовний RS-485/RS-232C	+	+	+	+	-
	Ethernet TCP/IP	-	-	-	+	+
	CANOpen	-	-	+	-	+

Кожен модуль процесора M340 має вбудований інтерфейс USB номер 3 (рис. 2.10.), За допомогою якого термінал програмування (комп'ютер із встановленим UNITY PRO) може бути підключений до операторської станції з встановленим програмним забезпеченням SCADA / HMI. з панелями управління. Використовуйте спеціальний екранований кабель, що входить до модуля процесора M340, або стандартний USB-кабель із міні-роз'ємом. Єдиним недоліком є те, що довжина кабелю не повинна перевищувати 5 м.



**Рис.2.10. Процесорні модулі Modicon M340**

**Складаються з наступних елементів:**

- 1) Гвинт, яким кріпиться модуль до корпусу.
- 2) Блок індикації.
- 3) Міні-роз'єм USB для підключення програмного роз'єму або інструментів SCADA / HMI.
- 4) Гніздо для картки пам'яті.
- 5) Роз'єм RJ45 для підключення послідовного інтерфейсного кабелю RS-485 та RS-232C, Modbus RTU / ASCII або символний режим (чорне маркування).
- 6) З'єднувач кабелю Ethernet TCP / IP 10BASE-T / 100BASE-TX (зелений).

Картка пам'яті SD розташована у спеціальному гнізді (рис. 2.10, номер 4). Завантажений проект, інтегровані діагностичні веб-сторінки та, якщо застосовно, вихідний код проекту, константи та діалогові таблиці зберігаються на картці, що входить до стандартної поставки M340 (8 МБ).

Кожен процесорний модуль може вмістити один або два інтегрованих

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

канали зв'язку в поєднанні: послідовний Modbus, послідовний RS-232 / RS-485, Ethernet TCP / IP і CAN Open. На додаток до функцій обміну з іншими пристроями в системі, Modbus RTU (послідовний) та Modbus TCP / IP (Ethernet) пропонують контролеру доступ до терміналу програмування UNITY PRO.

### Загальна характеристика дискретних модулів

Модулі дискретного введення / виведення M340 - це стандартні модулі, які займають один слот. Ці модулі відрізняються типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), кількістю каналів, типом вхідних та вихідних каналів та способом підключення. Ці модулі можуть бути встановлені в будь-якому сидінні шасі, за винятком блоку живлення (PS) і модуля процесора. Допускається гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

Основні технічні характеристики дискретних модулів наведено в табл.2.3.

### Технічні характеристики дискретних модулів

Таблиця 2.3.

Позначення модуля	Кількість каналів	Характеристики каналів	Підключення
<b>Модулі дискретних входів</b>			
BMX DDI1602	16	24 VDC, позитивна логіка	20-конт. з'ємна кол.
BMX DDI1603	16	48 VDC, позитивна логіка	20-конт. з'ємна кол.
BMX DAI1602	16	24 VDC негативна логіка або 24 VAC	20-конт. з'ємна кол.
BMX DAI1603	16	48 VAC	20-конт. з'ємна кол.
BMX DAI1604	16	100..120 VAC	20-конт. з'ємна кол.
BMX DDI3202K	32	24 VDC, позитивна логіка	40-конт. роз'єм
BMX DDI6402K	64	24 VDC, позитивна логіка	два 40-конт. роз'єми
<b>Модулі дискретних входів та виходів (змішані)</b>			
BMX DDM16022	8 Вх	24 VDC, позитивна логіка	20-конт. з'ємна кол.
	8 Вих	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.5 А	
BMX DDM16025	8 Вх	24 VDC, позитивна логіка	20-конт. з'ємна кол.
	8 Вих	релейні VDC/VAC, незахищені, 2 А	
BMX DDM3202K	16 Вх	24 VDC, позитивна логіка	40-конт. роз'єм
	16 Вих	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.1 А	
<b>Модулі дискретних виходів</b>			
BMX DDO3202K	32	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.1 А	40-конт. роз'єм
BMX DDO6402K	64	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.1 А	два 40-конт. роз'єми
BMX DDO1602	16	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.5 А	20-конт. з'ємна кол.
BMX DDO1612	16	24 VDC, захищені, негативна логіка, 0.1 А	20-конт. з'ємна кол.
BMX DAO1605	16	тиристорні 100...240VAC, незахищені, 0.6 А	20-конт. з'ємна кол.
BMX DRA0805	8	релейні VDC/VAC, незахищені, 3 А	20-конт. з'ємна кол.
BMX DRA1605	16	релейні VDC/VAC, незахищені, 2 А	20-конт. з'ємна кол.

Залежно від способу підключення, модулі дискети можуть бути оснащені 20-контактним знімним клемним блоком (рис. 2.11. Варіант А) або 40-контактними роз'ємами (рис. 2.10. Варіант В).



**Рис.2.11. Можливі варіанти підключення дискретних модулів**  
**Загальна характеристика аналогових модулів**

Модулі аналогового вводу-виводу М340 - це стандартні модулі, які займають один слот. Аналогові модулі, як і дискретні модулі, за наявності відрізняються за типом каналів (вхідних, вихідних, змішаних), за кількістю каналів, за властивостями та діапазоном сигналів (напруга, струм, термометр опору тощо). розподілу гальваніки та за типом з'єднання. Ці модулі можуть бути встановлені в будь-якому сидінні шасі, за винятком блоку живлення (PS) і модуля процесора. Допускається гаряча заміна модулів (при включеному живленні). Перелік усіх типів аналогових модулів М340 наведено в таблиці 2.4.

## Технічні характеристики дискретних модулів

Таблиця 2.4.

Позначення модуля	Кількість каналів	Діапазон сигналу	Характеристики каналів	Підключення
Модулі аналогових входів				
BMX ART 0414	4	мВ, термометри опору, термопари	16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 400 мс	40-контактний роз'єм
BMX ART 0814	8	мВ, термометри опору, термопари	16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 400 мс	40-контактний роз'єм
BMX AMI 0410	4	$\pm 10\text{В}, 0 \dots 10\text{В}, 0 \dots 5\text{В}, 0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{ мА}$	16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс	20-контактна з'ємна колодка
BMX AMI 800	8	$\pm 10\text{В}, 0 \dots 10\text{В}, 0 \dots 5\text{В}, 0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{ мА}$	16-бітні, з загальною точкою підключення, час опитування модуля - 9 мс	28-контактна з'ємна колодка
BMX AMI 810	8	$\pm 10\text{В}, 0 \dots 10\text{В}, 0 \dots 5\text{В}, 0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{ мА}$	16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 9 мс	28-контактна з'ємна колодка
Модулі аналогових входів та виходів (змішані)				
BMX АММ 0600	4 Вх	$\pm 10\text{В}, 0 \dots 10\text{В}, 0 \dots 5\text{В}, 0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{ мА}$	14-бітні для U, 12-бітні для I, загальна точка, час опитування модуля - 5 мс	20-конт. з'ємна кол.
	2 Вих	$\pm 10\text{В}, 0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{ мА}$	12-бітні для U, 11-бітні для I, загальна точка	
Модулі аналогових виходів				
BMX АМО 0210	2	$\pm 10\text{В}, 0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{ мА}$	16-бітні, ізоляція між каналами	20-конт. з'ємна кол.
BMX АМО 410	4	$\pm 10\text{В}, 0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{ мА}$	16-бітні, ізоляція між каналами	20-конт. з'ємна кол.
BMX АМО 802	8	$0 \dots 20\text{мА}, 4 \dots 20\text{ мА}$	16-бітні, загальна точка	20-конт. з'ємна кол.

Функції модулів аналогового введення:

- сканування вхідних каналів з різними діапазонами за допомогою безконтактного мультиплексування;
- аналого-цифрове перетворення;
- фільтрація сигналів;
- Моніторинг модуля: перевірка блоків перетворення, вхідна перевірка, якщо рівень сигналу перевищений, перевірка наявності клемної колодки.

Модулі аналогового виводу виконують такі функції:

- цифро-аналогове перетворення;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

- Захист каналів модулів від перевантаження;

- Моніторинг модуля: тест перетворення, тест на обмеження, тест клемної колодки.

### Конфігурування МПК Modicon M340

Для управління об'єктом необхідно сконфігурувати МПК, який забезпечує підключення для наступної кількості входів/виходів.

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	26
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	12

Враховуючи кількість каналів ввідів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій, обираємо процесорний модуль ВМХ Р34 1000.

#### Вибір модулів вводу/виводу

8 ВА 4-20 mA – ВМХ АМІ 0810 – 4 шт. (26, 5 вільних)

8 АВ 4-20 mA – ВМХ АМО 0802 – 3 шт. (12, 4 вільних)

8 АВ 4-20 mA – ВМХ DDO 1602 – 1 шт. (10, 6 вільних)

#### Перелік обраних аксесуарів для модулів вводу/виводу

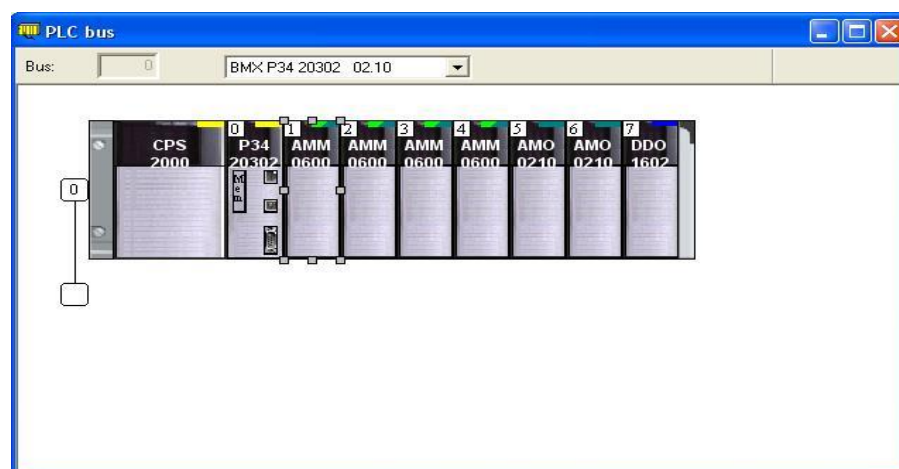
Таблиця 2.5.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
ВМХ АМІ 0810	4	28 контактна знімальна клемна колодка з гвинтовими зажимами

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

BMX AMO 0802	3	20 контактна знімальна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX DDO 1602	1	20 контактна знімальна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX FTB 2820	1	28 контактна знімальна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX FTB 2010	1	20 контактна знімальна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX FTB 2010	1	20 контактна знімальна клемна колодка з гвинтовими зажимами

Проаналізувавши існуючу інформацію, робимо висновок, що для реалізації системи автоматизації ТП виробництва зефіру нам необхідна наступна конфігурація МПК, що зображена на рис.



**Рис.2.12. Розміщення модулів у шасі контролера**

### 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Схема з'єднання датчиків і виконавчих механізмів з контролером наведена на кресленні 2 графічного матеріалу дипломного проекту. Це схема, що показує зв'язок та взаємодію окремих елементів, пристроїв автоматизації з використанням символів, і кожен елемент схеми виконує певну функцію і не може бути розділений на частини, що мають самостійне функціональне призначення. Таким чином, основні схеми визначають повний склад елементів системи автоматики. Також у цьому проекті є безліч механізмів, що рухаються від двигунів. Тому важливим фактором є принцип управління та комутації обладнання, яке керує двигунами.

Всі двигуни трифазні з включенням через перетворювач частоти та кнопковою станцією безпосередньо біля об'єкта, і можна віддалено перемикати двигуни від схеми дисплея. Для простоти робота всіх двигунів відображається на мнемоніці дисплея. У разі несправності або непередбаченої зупинки оператор може вказати це оператору

Персонал щодо несправності двигуна та припинення роботи пристрою або відділення, якщо це необхідно та без запобіжних ліній.

#### 3.1.Опис схеми управління електродвигунами з магнітним пускачем

Схема управління електродвигуна М7 для живлення схеми управління фазною напругою показана на малюнку 2. Локальне управління відповідними приводами М7-М16 здійснюється за цією схемою.

У ручному режимі роботи електродвигуна М7 при натисканні кнопки SB2 (кнопка «Пуск») до магнітного пускача KV1 подається напруга 220 В, який замикає свій контакт KV1, тим самим блокуючи кнопку «Пуск». Це явище називається "самодостатність. Магнітний пускач запускає двигун по черзі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Яремчук В.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва зефіру	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Романов М.С.					47	4
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ ЗАКІТ 3-1ск			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

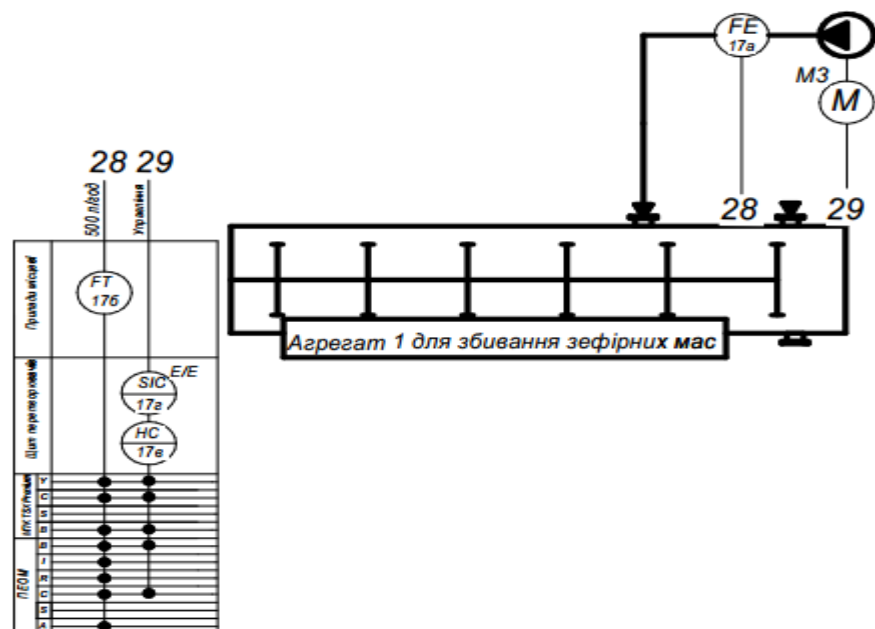
При натисканні кнопки SB1 (кнопка «Стоп») ланцюг обривається, магнітний пускач не живиться, його самозаймання розмикається і електродвигун зупиняється.

При переході в автоматичний режим роботи електродвигуна M1 за допомогою кнопки SA управління є цифровим виходом промислового регулятора KV1.

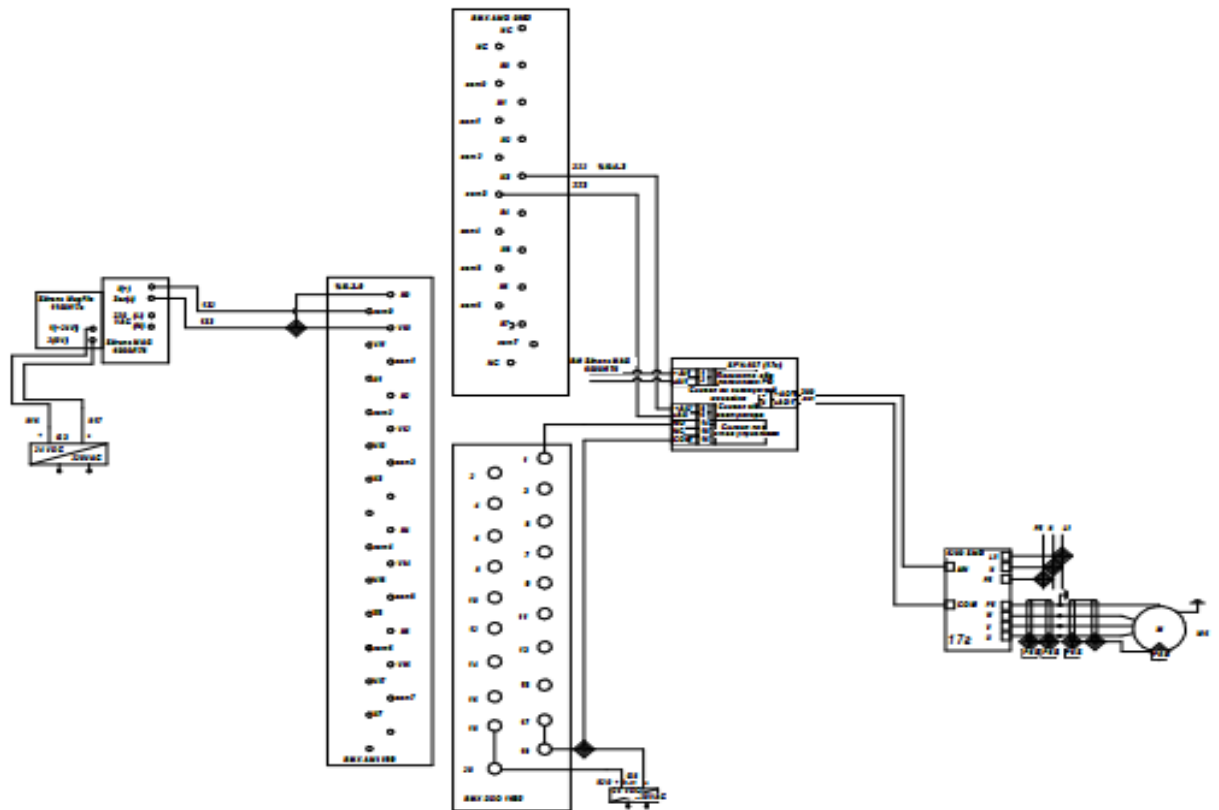
Двигун оснащений тепловим реле для захисту від перегріву. Якщо двигун перегрівається, нормально замкнуті контакти теплового реле КК1 розмикаються, ланцюг обривається і двигун зупиняється.

### 3.2. Розширені електричні схеми для окремих схем

Розширена принципова схема контролю потоку приготованого яблучного пюре в трубопроводі, який подається в установку 1 для збивання зефіру, показана на кресленні 6 графічної частини диплому. Він складається з фрагмента схеми автоматизації для даного контуру на рис. 1 і 2. 3.1., Фрагмента схеми підключення відповідних датчиків та виконавчих механізмів для мікропроцесорного управління Рис.3.2. та загальна схема виникнення сигналів у контурі рис. 3.3.



**Рис. 3.1. Фрагмент схеми автоматизації контуру регулювання витрати увареного яблучного пюре**



**Рис.3.2. Фрагмент схеми підключення відповідних датчиків та ВМ до ПЛК**

Розширена схема контрольного контуру для витрат приготованого яблучного пюре в трубопроводі для доставки в блок 1 для збивання доданих мас показана на рис. 3.3. і складається з електромагнітного витратоміра від Siemens, що складається з датчика Sitrans MagFlo 1100 (положення 17a) і перетворювача Sitrans MAG 6000 (положення 17b). Сигнал вимірювання витрати приготованого яблучного пюре подається на аналоговий вхідний контур. Цей сигнал обробляється і генерується керуючий сигнал, який подається через вихідний аналоговий модуль управління АМН 802 АМО на блок ручного управління ВРУ-17 (положення 17b), який вмикає перемикання частоти в автоматичному режимі. електродвигуна МЗ насоса для дозування приготованого яблучного соусу в блоці 1 для збивання зефірних мас. При необхідності ручний режим роботи електродвигуна можна перемикати за допомогою ВРУ-17, який реалізований за допомогою дискретного модуля виводу VMH DDO1602



#### 4. Креслення встановлення технічних засобів

Встановлення буйкового густиноміра на корпус збиваючої машини зображено на кресленні 3 графічної частини проекту.



**Рис.4.1. Зовнішній вигляд ТМ-1**

Мікропроцесорний тензометричний гістометр ТМ-1 використовується для постійного вимірювання щільності рідин.

#### *Сфера застосування*

Концентратори для чорної та кольорової металургії, гірничої хімії, хімічної, харчової та інших галузей промисловості.

#### *Принцип дії*

Робота пристрою заснована на вимірюванні ваги буй, повністю зануреного в рідину.

На екрані субкристалічного дисплея Gustinometer ТМ-1 дозволяє контролювати:

- поточне значення ваги буй;
- Миттєве значення щільності вимірювання;
- поточне значення середньої щільності;
- вихідний потік відповідно до середнього значення;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Яремчук В.Ю.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва зефіру</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					51	4
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ ЗАКІТ 3-1ск			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

- Архів середніх значень за 24 інтервали вимірювання.

### *Переваги*

- Висока надійність конструкції;
- Легко налаштовувати та перевіряти продуктивність;
- Високий захист від навколишнього середовища;
- Регульована реконструкція від випадкових високочастотних коливань;
- відсутність рухомих частин;
- візуальне подання інформації;
- Створення архіву виміряних середніх значень густини за вказаний період;
- Можливість вибору діапазону значень вихідного сигналу.

### *Технічні характеристики*

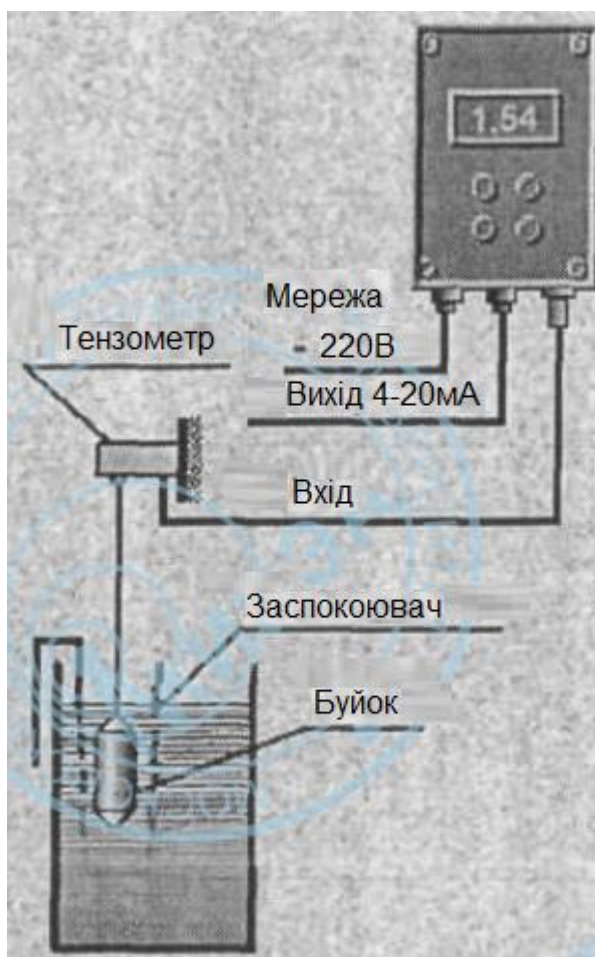
Діапазон вимірювання щільності, г/см <sup>3</sup>	0,5±2,5
Живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц	
Напруга, В	220
Споживча потужність, не більше, Вт	10
Вихідний сигнал постійного струму, мА	4-20 (0-5, 0-20)
Приведена похибка вимірювання, %	±0,5
Відстань від ТДС до ПМВ, не більше, м	10
Ступінь захиста ПМВ	IP 65
Температура навкол.сер-ща, °С	- 10 ...+50
Вага в зібраному виді, кг	4
Габаритні розміри, мм	
Буйок	150x60x60
ТДС-1	120x60x100
ПМВ-1	180x110x110

Існує багато типів двопровідних схемних перетворювачів. Вихідний сигнал має постійний струм від 4 до 20 мА, який лінійно пропорційний температурі. Приладові трансформатори з типом вибухозахисту "іскрозахист" та "вибухозахищений футляр" можуть бути встановлені в потенційно вибухонебезпечних зонах (зона 1) або зоні 0.

Денситометр ТМ-1 складається з тензометричного датчика сили ТДС-1, бую та мікропроцесорного перетворювача РМР-1.

### **Спосіб кріплення**

ТДС-1 встановлюється на місці над технологічним баком. Буй підвішений до кабелю на ТДС-1 і розміщений у тихому місці технологічного резервуару. За відсутності спокійної зони в резервуарі монтується рідкий заспокійливий засіб, в який занурений буй.



**Рис.4.2. Монтаж системи**

Перетворювач ПМВ-1 монтується за місцем на відстані не більше 10м від

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

ТДС-1. Густиномір ТМ-1 поставляється з кабелем довжиною 1,7 м. При необхідності інша довжина кабелю узгоджується з виробником.

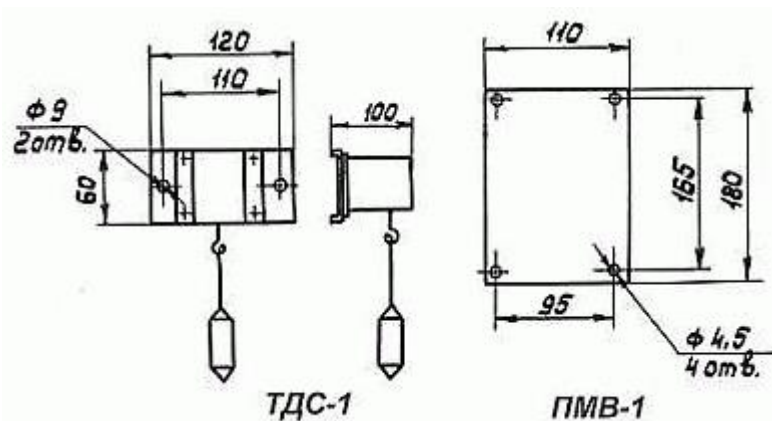
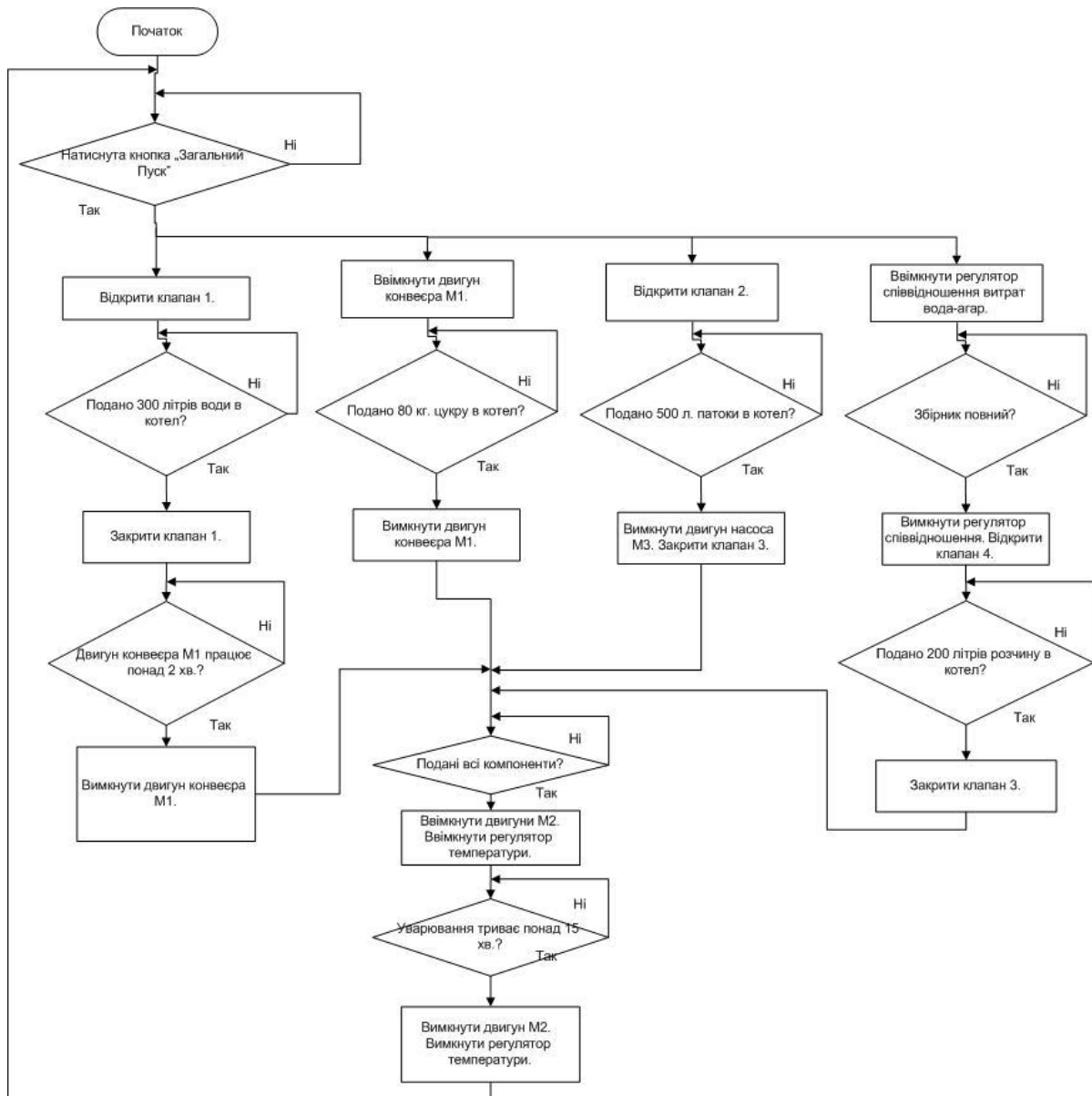


Рис.4.3. ТДС-1 та ПМВ-1 в розмірах

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

## 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорних контролерів (алгоритм та програма для ПЛК)



**Рис.5.1. Блок-схема алгоритму управління технологічним процесом виробництва зефіру**

В середовищі UnityPro створюються змінні, яким присвоюється значення технологічних параметрів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Яремчук В.Ю.				Розробка системи автоматизації процесу виробництва зефіру				
Керівник	Романов М.С.								
Зав. каф.	Ельперін І.В.				Літ.	Арк.	Аркуші		
Секр. ЕК.	Проскурка Є.С.					55	3		
					<b>НУХТ ЗАКІТ 3-1ск</b>				

Name	Type	Address	Value	Comment
FE1	REAL	%MW10		Витратомір води в котел
FE2	REAL	%MW20		Витратомір потоки в котел
FE3	REAL	%MW30		Витратомір розчину агару в котел
FE4	REAL	%MW40		Витратомір води в збірник розчину агару
FE5	REAL	%MW50		Витратомір агару в збірник розчину агару
KL1	REAL	%MW100		Клапан подачі води в котел
KL2	REAL	%MW101		Клапан подачі потоки в котел
KL3	REAL	%MW102		Клапан подачі пари в котел
KL4	REAL	%MW103		Клапан подачі розчину агару в котел
KL5	REAL	%MW104		Клапан подачі води в збірник розчину агару
Level1	REAL	%MW60		Рівень в збірнику цукру
Level2	REAL	%MW70		Рівень в збірнику розчину агару
M1	EBOOL	%M10		Двигун конвеєра подчі цукру в котел
M2	EBOOL	%M11		Двигун мішалки котла
Para_FE	Para_PI_B			
Para_TE	Para_PI_B			
PT	REAL	%MW80	0.3	Тиск в трубопроводі подачі пари
QE	REAL	%MW90	10.0	Концентрація сухих речовин в зєфірному згустку
Reg_FE_spiv...	BOOL			
Reg_TE	BOOL			
S	BOOL			
S1	BOOL			
S2	BOOL			
S3	BOOL			
S4	BOOL			
Start	EBOOL	%M4		Кнопка старт
Stop	EBOOL	%M5		Кнопка стоп
TE	REAL	%MW91		Датчик температури в котлі
WE	REAL	%MW40		Датчик ваги конвеєра подачі цукру в котел

**Рис 5.2. Анлогові та дискретні змінні процесу**

Окремі фрагменти програми для даного процесу написані за допомогою мови програмування мікропроцесорного контролера Structured Text (ST) та Ladder Diagram (LD) наведені на кресленні 4 графічної частини дипломного проекту.

### Параметри функціонального блока PI\_V

**Таблиця 5.1.**

Вхідні параметри		
PV	REAL	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_AUTO	BOOL	Режим роботи ПІ-регулятора: 1 : Автоматичний режим 0 : Ручний режим
PARA	Para PI_B	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 PI_V)

Вихідні		
параметри		
OUTD	REAL	Різниця між вихідною величиною в плинному і попередньому циклах перерахунку PI_B
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	<u>WORD</u>	Слово статусу (використовується для контролю за помилками виконання PI_B)

### Опис структурного типу Para\_PI\_B

Таблиця 5.2.

id	<u>UINT</u>	Використовується для алгоритму автопідстройки (AUTOTUNING)
pv_inf	<u>REAL</u>	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	<u>BOOL</u>	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-ВМ)
kp	REAL	Коефіцієнт пропорційності
ti	<u>TIME</u>	Час інтегрування
dband	REAL	Зона нечутливості
outbias	REAL	зміщення виходу регулятора в П-режимі функціонування (при ti=0s)

## 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

### 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

За допомогою програмного забезпечення Vijeo Citect ми розробляємо систему SCADA, яка дозволяє оператору перевіряти хід технологічного процесу та значення всіх технологічних параметрів.

У вікні редактора проекту Citect ми описуємо всі змінні, створюємо змінні для тенденцій, нагадування та описуємо налаштування для них.

Ми описуємо всі змінні в меню "Теги" / "Теги змінних".

Переменные теги [ Scada ]

Имя переменного тега: FE1

Имя кластера: tract

Адрес: plc001:%MW10

Мин. исходное значение: 0

Мин. значение в единицах изм.: 0

Единица измерения: [ ]

Нечувствительность: [ ]

Комментарий: [ ]

Название устройства в/в: IODev1

Тип данных: REAL

Макс. исходное значение: 10000

Макс. значение в единицах изм.: 100

Формат: ###

Добавить | Заменить | Удалить | Справка

Запись : 3 | Связанный:

Рис.6.1. Вікно опису змінної

Теги тренда [ Scada ]

Название тега тренда: trFE1

Имя кластера: tract

Выражение: FE1

Триггер: [ ]

Интервал опроса: 00:00:02

Тип: TRN\_PERIODIC

Имя файла: [ ]

Метод сохранения: Floating Point (8-byte samples)

Число файлов: 14

Время: 00:00:00

Периодичность: 00:10:00

Комментарий: [ ]

Добавить | Заменить | Удалить | Справка

Запись : 7 | Связанный:

Рис.6.2. Вікно опису змінної для тренду

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Яремчук В.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва зефіру	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					58	7
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ ЗАКІТ 3-1ск		
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

## Змінні та їх настройки

Таблиця 6.1.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в од. виміру	Макс. значення в од. виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
TE1	%IW0.1.0	0	10000	0	100	Real
TE2	%IW0.1.1	0	10000	0	100	Real
TE3	%IW0.1.2	0	10000	0	100	Real
TE4	%IW0.1.3	0	10000	0	100	Real
LE1	%IW0.1.4	0	10000	0	5	Real
LE2	%IW0.1.5	0	10000	0	5	Real
LE3	%IW0.1.6	0	10000	0	5	Real
LE4	%IW0.1.7	0	10000	0	5	Real
LE5	%IW0.2.0	0	10000	0	5	Real
WE1	%IW0.2.1	0	10000	0	400	Real
WE2	%IW0.2.2	0	10000	0	400	Real
FE1	%IW0.2.3	0	10000	0	1000	Real
FE2	%IW0.2.4	0	10000	0	1000	Real
FE3	%IW0.2.5	0	10000	0	1000	Real
FE4	%IW0.2.6	0	10000	0	1000	Real
FE5	%IW0.2.7	0	10000	0	1000	Real
FE6	%IW0.3.0	0	10000	0	1000	Real
FE7	%IW0.3.1	0	10000	0	1000	Real
DE	%IW0.3.2	0	10000	0	3000	Real
QE1	%IW0.3.3	0	10000	0	100	Real
QE2	%IW0.3.4	0	10000	0	100	Real
QE3	%IW0.3.5	0	10000	0	100	Real
QE4	%IW0.3.6	0	10000	0	100	Real
PT1	%IW0.3.7	0	10000	0	3	Real
PT2	%IW0.4.0	0	10000	0	3	Real
PT3	%IW0.4.1	0	10000	0	3	Real
PT4	%IW0.4.2	0	10000	0	3	Real
KL1	%QW0.5.0	0	10000	0	100	Real
KL2	%QW0.5.1	0	10000	0	100	Real
KL3	%QW0.5.2	0	10000	0	100	Real
KL4	%QW0.5.3	0	10000	0	100	Real
KL5	%QW0.5.4	0	10000	0	100	Real
KL6	%QW0.5.5	0	10000	0	100	Real
M1	%QW0.5.6	0	10000	0	650	Real
M2	%QW0.5.7	0	10000	0	650	Real

M3	%QW0.6.0	0	10000	0	650	Real
M4	%QW0.6.1	0	10000	0	650	Real
M5	%QW0.6.2	0	10000	0	650	Real
M6	%QW0.6.3	0	10000	0	650	Real
M7	%Q0.7.0	-	-	-	-	BOOL
M8	%Q0.7.1	-	-	-	-	BOOL
M9	%Q0.7.2	-	-	-	-	BOOL
M10	%Q0.7.3	-	-	-	-	BOOL
M11	%Q0.7.4	-	-	-	-	BOOL
M12	%Q0.7.5	-	-	-	-	BOOL
M13	%Q0.7.6	-	-	-	-	BOOL
M14	%Q0.7.7	-	-	-	-	BOOL
M15	%Q0.7.8	-	-	-	-	BOOL
M16	%Q0.7.9	-	-	-	-	BOOL

У меню "Теги" / "Теги тенденцій" ми описуємо всі змінні, які використовуються в тенденціях.

У меню "Сигнали" / "Дискретна сигналізація" ми описуємо дискретні сигнали тривоги.

**Рис.6.3. Вікно опису дискретних алармів**

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

## Дискретні Аларми

Таблиця 6.2.

Тег аларма	Ім'я аларма	Опис аларма	Змінний тег А
1	2	3	4
M7	Двигун M1	Аварія двигуна	M7
M7_1	Двигун M1	Готовий до роботи	M7
M8	Двигун M2	Аварія двигуна	M8
M8_1	Двигун M2	Готовий до роботи	M8
M9	Двигун M3	Аварія двигуна	M9
M9_1	Двигун M3	Готовий роботи	M9
M10	Двигун M4	Готовий роботи	M10
M10_1	Двигун M4	Аварія двигуна	M10

В меню «Аларми»/«Аналогові Аларми» описуємо аналогові аларми.

## Аларми аналогові

Таблиця 6.3.

Тег аларма	Ім'я аларма	Змінний тег	Критично низький	Критично високий
1	2	3	4	5
Temper_1	Температура вакуум-апараті	TE1	40	65
Temper_2	Температура в котлі	TE2	60	75
Temper_3	Температура в апараті для збивання зефірних мас	TE3	50	70
FE1	Витрата води	FE1	15	25
FE2	Витрата патоки	FE2	250	320
FE3	Витрата агару	FE3	900	1050
PE	Тиск в вакуум-апараті	PT1	0,02	0,08

В меню «Аларми/Категорій алармів» описуємо як будуть відображатись аларми:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Номер категории	<input type="text" value="1"/>	Приоритет	<input type="text" value="1"/>
Вывод на странице алармов	<input type="text" value="TRUE"/>	Вывод на сводной странице	<input type="text" value="TRUE"/>
	Неквитированный		Квитированный
Шрифт для неактивных алармов	<input type="text" value="Alarm1nekvitnea"/>		<input type="text" value="Alarm1kvit"/>
Шрифт для активных алармов	<input type="text" value="Alarm1nekvita"/>		<input type="text" value="Alarm1kvit"/>
Шрифт для заблокированных алармов	<input type="text" value="Alarm1kvit"/>		
Действие при возникновении аларма	<input type="text"/>		
Действие при сбросе аларма	<input type="text"/>		
Действие при подтверждении аларма	<input type="text"/>		
Формат аларма	<input data-bbox="718 560 1436 593" type="text" value="{TAG,16}^{NAME,12}^{DESC,32}^{ERRPAGE,20}^{ERRDESC,20}"/>		
Сводный формат	<input data-bbox="718 604 1436 638" type="text" value="{TAG,16}^{NAME,12}^{COMMENT,32}^{ERRPAGE,20}^{ERRDESC"/>		
Устройство сводной информации	<input type="text"/>	Регистрировать переходы алармов	
Устройство логов	<input type="text"/>	ON <input type="text"/>	OFF <input type="text"/> ACK <input type="text"/>
Комментарий	<input type="text" value="Аларми вищого пріорітету"/>		
<input type="button" value="Добавить"/> <input type="button" value="Заменить"/> <input type="button" value="Удалить"/> <input type="button" value="Справка"/>			
Запись : 1			

**Рис.6.4. Вікно опису категорії алармів**

В меню «Система»/«Користувачі» створюємо запис користувача.

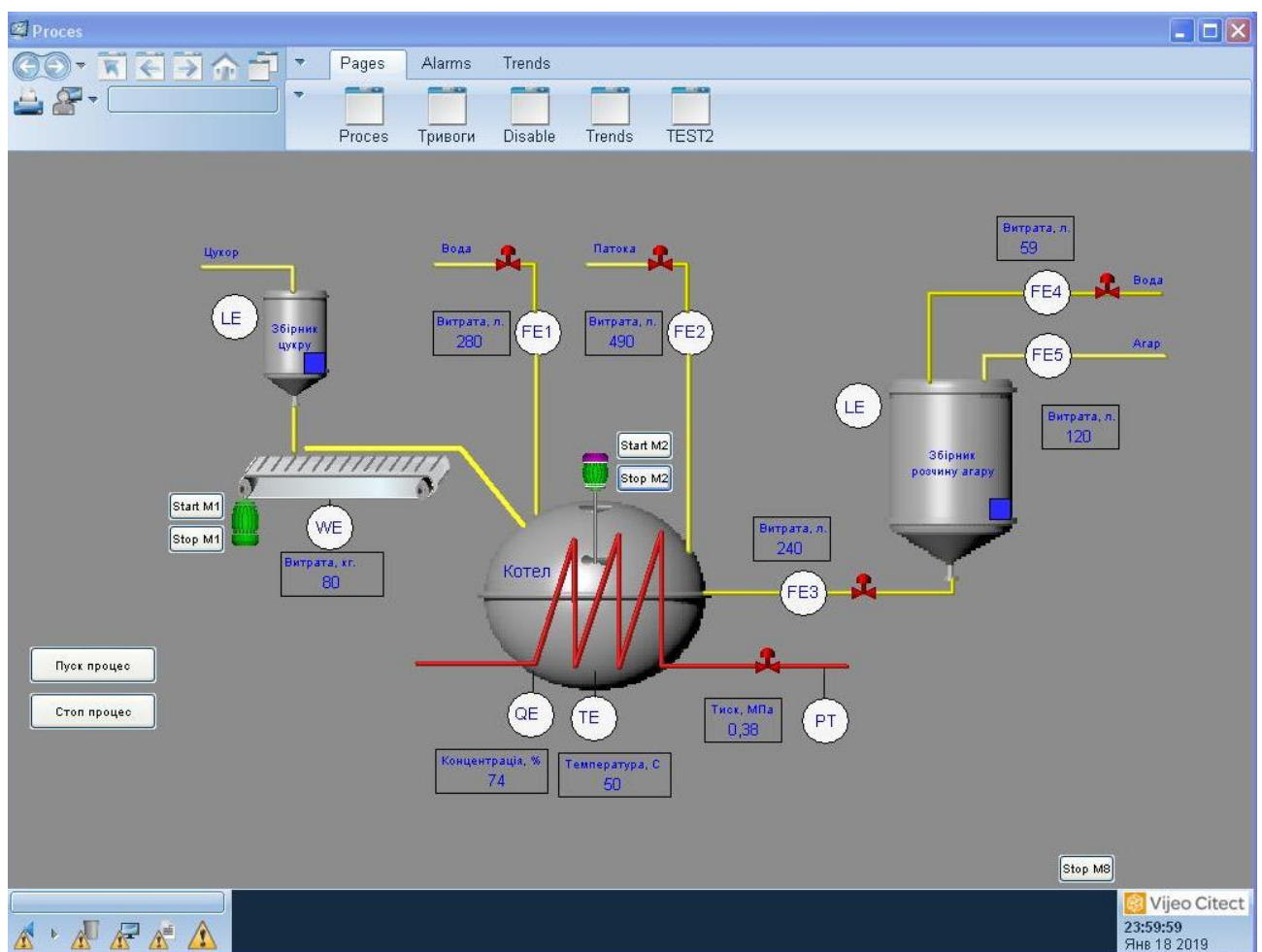
Имя пользователя	<input type="text" value="Linichenko"/>
Полное имя	<input type="text"/>
Пароль	<input type="text"/>
Подтверждение пароля	<input type="text"/>
Роли	<input type="text" value="Alarm"/>
Тип	<input type="text"/>
Комментарий	<input type="text"/>
<input type="button" value="Добавить"/> <input type="button" value="Заменить"/> <input type="button" value="Удалить"/> <input type="button" value="Справка"/>	
Запись : 1	

**Рис.6.5. Вікно створення запису користувача**

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Він відображає дані від датчиків, відкриває або закриває клапани, кнопки запуску та зупинки та стимулює перехід до наступного етапу технологічного процесу. Оператор контролює хід технологічного процесу з робочого місця оператора. При необхідності оператор може перейти в режим ручного або

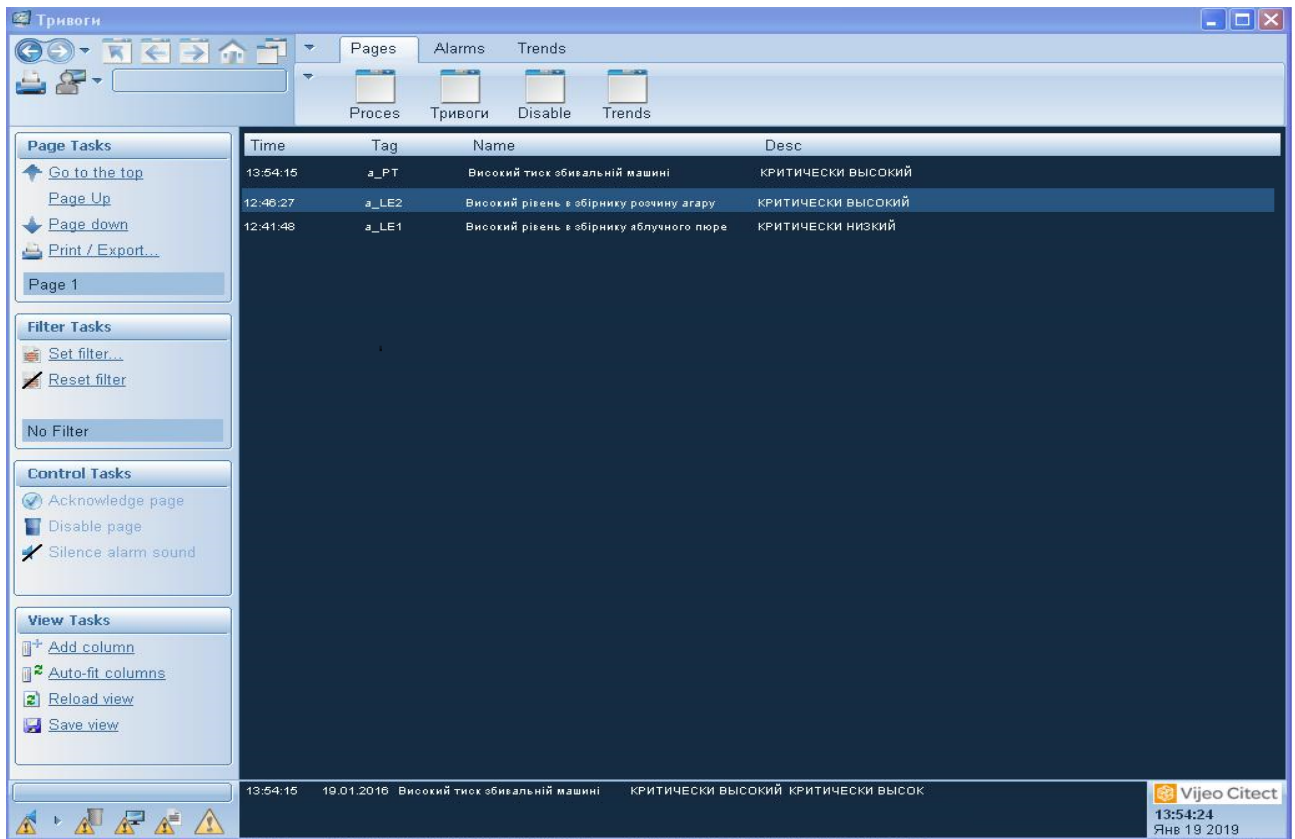
автоматичного управління. Для переходу у ручному або автоматичному режимі оператор повинен натиснути клавішу, яка відповідає за той чи інший режим. Оператор може змінювати ступінь відкриття клапанів та обертання двигуна. Щоб уникнути аварії на виробництві та не порушити технологічний процес на екрані, оператор може спостерігати значення параметрів. Як тільки це значення цього параметра перевищує гранично допустимі значення, оператор бачить колір. Якщо параметр більше граничного значення, колір червоний, а якщо нижчий - то жовтий. Двигуни червоні, коли вони працюють, коли двигун зупинений і готовий - зелений.



**Рис.6.6. Мнемосхема технологічного процесу виробництва зефіру**

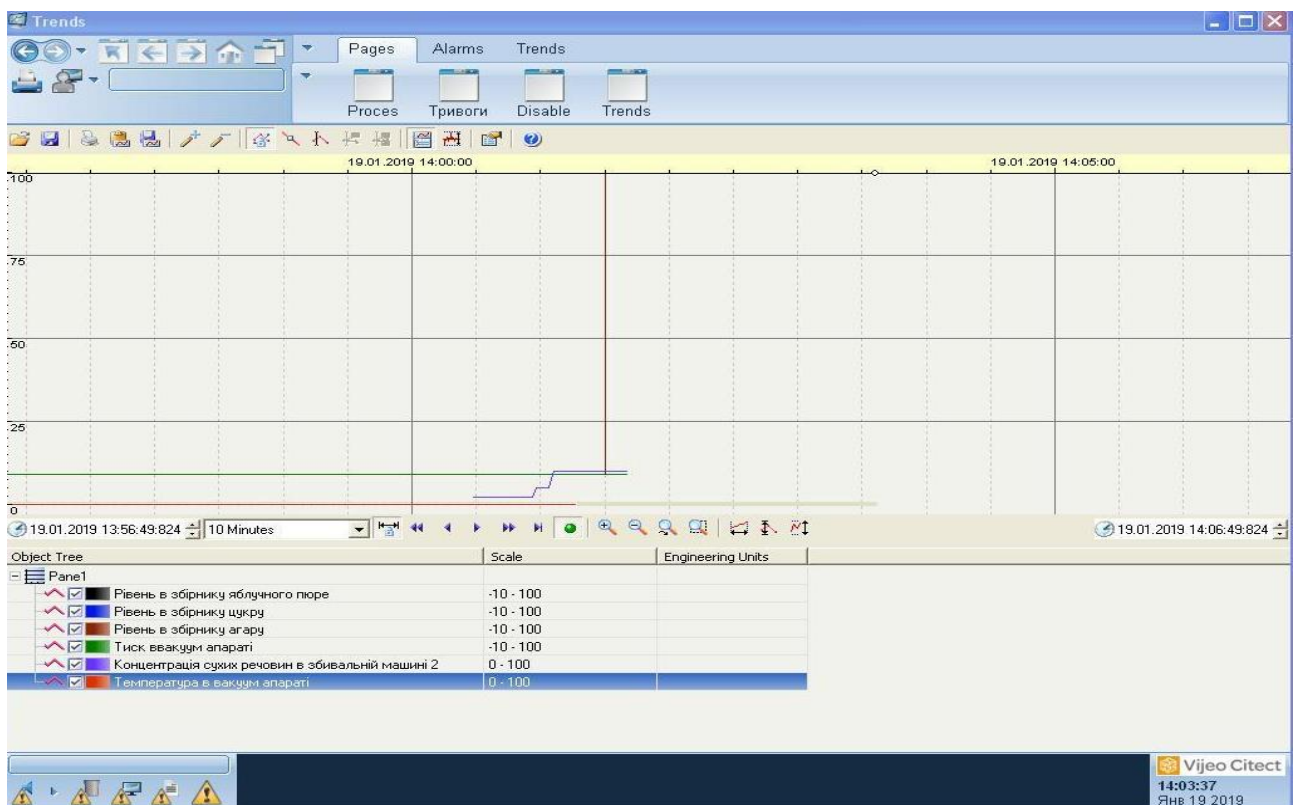
На сторінці Alarm ми можемо налаштувати, змінювати аларми, дивитися історію у вікнах алармових повідомлень:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		63



**Рис.6.7. Вікно алармів**

На сторінці Trend ми можемо спостерігати за графіком змінної та налаштовувати її. Можна подивитись архівні записи, які зберігаються в пам'яті.



**Рис.6.8. Вікно трендів**

## Висновки

Під час роботи над цим дипломним проектом було зібрано багато інформації про кафедру підготовки зефіру, на основі якої розроблена функціональна схема автоматизації, в якій передбачено управління та регулювання:

- температура у вакуумному пристрої;
- тиск у вакуумному пристрої;
- витрата води в котлі;
- споживання цукру в чайнику;
- тиск пари в лінії подачі;
- рівень у колекціях.

Схема автоматизації реалізована на електричних засобах автоматизації.

Виходячи з проведеної роботи, можна зробити висновок, що автоматизація частини харчової промисловості дозволить значно збільшити прибуток і суттєво зменшити витрати на виготовлення одиниці продукції.

Схема автоматизації заснована на використанні мікропроцесорного контролера, який управляє об'єктом згідно з алгоритмом, записаним в його пам'яті. Забезпечення моніторингу технологічного процесу, а також можливості дистанційного керування як під час нормальної роботи МПК, так і під час його виходу з ладу, розроблений SCADA.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		65

### Список використаної літератури

1. «Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности».- 2-е издание – М.:Агропроиздат, 1985. – 344 с.
2. Широкова Л.А «Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности» / Л.А. Широкова – М.:Агропромиздат, 1986. – 542с.
3. Ключев А.С Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие» /А.С Ключев, - М.:Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.
4. Жидецкий В.Ц. «Основы охорони праці»/ В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигерей, О.В. Мельников - Львів: Авіша, 1999. – 348с.
5. Ельперін І.В. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3/ О.М Пупена., І.В Ельперін.. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
6. Программное обеспечение систем автоматизации производства на базе Windows..Citect. Версия б. Руководство пользователя (пер. с англ.). Сі Technologies Pty. Limited. Australia, 2005.
7. Назаров Н.И Общая технология пищевых производств. – Н. И Назаров, М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981. - 360 с.
8. Стабников В.Н Общая технология пищевых продуктов/ В.Н Стабников., Н.В Остапчук. К.: Вища школа 1980 р. – 340с.
9. Перцевий Ф.В. Технологія продукції харчових виробництв: Навч. посібник / Ф.В. Перцевий, Н.В. Камсуліна, М.Б. Колеснікова. М.О. Янчева, П.В. Гурський Л.М. Тішенко.- 311с. 2. [http://studopedia.com.ua/1\\_352030\\_grafichna-chastina.html](http://studopedia.com.ua/1_352030_grafichna-chastina.html)
10. Пупена О.М. Методичні вказівки до дипломного проекту (роботи) для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за напрямом підготовки «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		66

\

\]навчання. /Уклад.: О.М.Пупена, І.В.Ельперін, А.П.Ладанюк, В.Г.Трегуб. – К.:НУХТ, 2011. – 16 с.

11. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації / А.К.Бабіченко. – Харків.: НТУ «ХП», 2001. – 470 с.

12. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: Навчальний посібник/ Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк, О.П.Лобок. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 160 с.

13. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.

14. Дудников Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности: Учеб. для вузов / Под ред. Е.Г. Дудникова. - М.: Химия, 1987. - 368 с.

15. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: Навчальний посібник/ І.В.Ельперін – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.

16. Калениченко А.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике. /Под ред. А.В.Калиниченко: М.: "Инфа-Инженерия", 2008. – 576 с.

17. Карпин Е.Б. Автоматизация технологических процессов пищевых производств: Учеб. для вузов / Под ред. Е.Б. Карпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат,1985. - 536 с. Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. 56  
Дипломний проект

18. Ладанюк А.П. Методи сучасної теорії управління: / А.П.Ладанюк, В.Д.Кишенько, Н.М.Луцька, В.В.Іващук. – К.:НУХТ, 2010. -196 с.

19. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник/ Ладанюк А.А., Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 224 с.

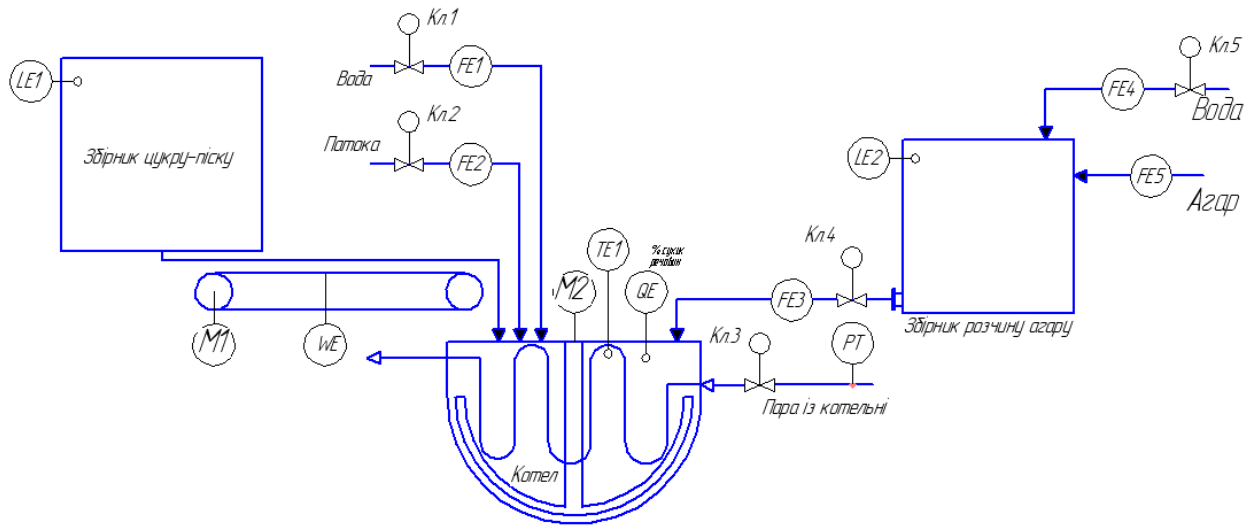
20. Методичні вказівки до виконання схем автоматизації: бібл. номери 3148 та 6055.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

21. Методичні вказівки до виконання принципових схем: бібл. номер 3168.
22. Методичні вказівки до розрахунку метрологічних характеристик ІВК: бібл. номер 5965.
23. Методичні вказівки до виконання дисплейних мнемосхем: бібл. номери 5142 та 6055.
24. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров: – СПб. Издательство: ДЕАН. 2006. – 844 с.
25. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2. / А.Л. Нестеров: - СПб. Издательство: ДЕАН. 2009. – 944 с.
26. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник./ В.Г. Трегуб – К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
27. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник./ О.М. Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк – К.:Вид.-во "Ліра-К", 2011. - 552 с.
28. Трегуб В.Г. Методичні вказівки до проектування принципових схем мікропроцесорних систем автоматизації при виконанні курсових та дипломного проекту / Упоряд. Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Карнаух А.О. - К.: УДУХТ, 1994. - 56 с.
29. Фёдоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие./ Ю.Н.Фёдоров М.: - Инфра-инженерия, 2008. – 928 с.,12 ил.
30. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник./Дж. Фрайден Москва: Техносфера, 2005. – 592 с.
31. Мережа Internet.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**ДОПОВНЕННЯ ДО ЗАВДАННЯ**  
**на розробку системи автоматизації технологічним процесом**  
**виробництва зефіру**  
**Доповнення 13. Характеристика об'єкту автоматизації**



Предметом автоматизації є відділ приготування зефіру. Через великий об'єм відсіку була прийнята частина схеми, а саме приготування зефірної маси та її варіння. По-перше, існує дозування компонентів: води, агару, цукру, патоки.

Клапан 1 відкривається, і вода подається в котел через клапан. Як тільки значення індукційного витратоміра FE1 досягає значення 300 літрів, клапан 1 закривається. Потім дозується через клапан 2 таким же чином. Як тільки швидкість потоку перевищує значення (FE2) 500 літрів, закрийте клапан 2. Ви повинні приготувати розчин агару. Для цього увімкніть регулятор перекладу. Значення налаштування FE4: = 0,5 \* FE5. Витрата води та агару вимірюється індукційними витратомірами FE4, FE5. Управління вимикається, коли рівень у колекторі досяг верхнього значення. Вимірюється за допомогою радара рівня LE2. Рівень у цукрозбірнику також контролюється радаром рівня LE1. Розчин агару подається в чайник через клапан 4. Потрібно додати 200 літрів розчину. Потім закривається клапан 4. Витрата вимірюється індукційним витратоміром FE3. Після завершення дозування включається двигун мішалки М2. Регулятор температури котла ввімкнено. Вимірюється термометром ТЕ1, налаштування 51 градус. Можна налаштувати за допомогою клапана 3. Приготування займає

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

20 хвилин. Потім регулятор температури та мішалка вимикаються. Чайник контролює вміст сухої речовини в суміші за допомогою аналізатора ваги QE. Тиск у лінії подачі пари вимірюється тензорезистором РТ і становить 0,3 МПа.

### ДОПОВНЕННЯ 2з. Вимоги до функцій та задач системи

Схема автоматизації повинна дозволяти управління в чотирьох режимах:

- Управління в "ручному" режимі з екрану оператора - Оператор повинен мати можливість відкривати / закривати клапани для подачі матеріальних ресурсів у всі трубопроводи.
- управління в "ручному" режимі від системи SCADA;
- автоматичне управління системою SCADA згідно алгоритму управління в мікропроцесорному керуванні.

Таблиця Д2.1.Перелік змінних та вимоги до них

Назва параметру	Номінальне значення	Діапазон зміни	Функція			
			C	I	A	R
Верхній рівень в збірнику цукру	2,5-3 м	0-3 м.	-	1 с	>3 м.	10с, 3міс
Верхній рівень в збірнику розчину агару	2,5-3 м	0-3 м.	-	1 с	>0,1 м.	10с, 3міс
Температура в котлі	51 °С	0-100 °С	0,5 °С	1 с	<60 °С, >45 °С	10с, 3міс
Витрата цукру в котел	80 кг/год	0-1000 кг/год	1 кг	1 с	<90 кг., >70 кг.	10 с, 1 міс
Витрата води в котел	300 л/год	0-1000 л/год	0,5 л.	1 с	<320 л., >280 л.	10 с, 1 міс
Витрата патоки в котел	500 л/год	0-1000 л/год	0,5 л.	1 с	<470 л., >530 л.	10 с, 1 міс
Витрата розчину агару в котел	400 л/год	0-1000 л/год	2 л.	1 с	<430 л., >370 л.	10 с, 1 міс
Витрата води в збірник розчину агару	200 л/год	0-1000 л/год	2 л.	1 с	<220 л., >180 л.	10 с, 1 міс
Витрата розчину агару в котел	400 л/год	0-1000 л/год	2 л.	1 с	<430 л., >370 л.	10 с, 1 міс

Тиск в трубопроводі подачі пари	0,3 МПа	0-3 МПа	-	1 с	>0,5 МПа.	10с, 3міс
Концентрація сухих речовин в котлі при уварюванні	84 %	0-100 %	-	1 с	>75 %	10с, 3міс

### ДОПОВНЕННЯ З3. Вимоги до видів забезпечень

Таблиця ДЗ.1. Вимоги до технічного забезпечення

Тип технічного засобу	виробник	модель	додаткові вимоги
ПЛК	Schneider Electric	Modicon TSX Premium	IP20, в щитовій
засіб SCADA/HMI	без обмежень	без обмежень	на базі офісного ПК IP20, в щитовій
датчики	без обмежень	без обмежень	IP65
виконавчі механізми (ВМ)	без обмежень	без обмежень	IP65, пневматичне живлення
регулюючі органи (РО)	без обмежень	без обмежень	

Таблиця ДЗ.2. Вимоги до програмного забезпечення

Тип програмного засобу	виробник	назва	додаткові вимоги
SCADA/HMI	Schneider Electric	VijeoCitect	-
ПЗ для ПЛК	Schneider Electric	Unity PRO	мова LD, ST