

**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  
Андрій ФОРСЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
Ярослав СМІТЮХ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна  
інженерія в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу виготовлення морозива у  
вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-1

Журавльов Андрій Євгенович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Полупан Володимир Володимирович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Сергій Грибков  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2024 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 *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав СМІТЮХ

«15» квітня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

*Журавльову Андрію Євгеновичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу виготовлення морозива у вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340*

керівник роботи *доц. Полупан Володимир Володимирович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «15» квітня 2024 р. № 279-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «04» червня 2024 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.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 15 квітня 2024 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	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Андрій ЖУРАВЛЬОВ

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Володимир ПОЛУПАН

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива у вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340.

Робота включає опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схему автоматизації, специфікацію технічних засобів автоматизації, монтажну схему технічного засобу автоматизації – радарного рівнеміра Micropilot FMR60, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для управління процесом виробництва морозива у вафельних стаканчиках. Програма розроблена для ПЛК Modicon M340 від виробника Schneider Electric на мові програмування FBD. Інтерфейс SCADA-програми технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні SCADA Zenon, а вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в роботі.

**Ключові слова:** морозиво у вафельних стаканчиках, автоматизація, Modicon M340, Micropilot FMR60.

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

## Annotation

This qualification work deals with the development of an automation system for the production of ice cream in waffle cups using a Modicon M340 PLC.

The work includes a description of the technological process, the task for the automation system, the automation scheme, the specification of automation equipment, the wiring diagram of the automation equipment - Micropilot FMR60 radar level sensor, the connection diagrams of sensors and actuators to the PLC and extended connection diagrams of technical equipment.

The algorithm and program for controlling the process of ice cream production in waffle cups were developed. The program was developed for the Modicon M340 PLC from Schneider Electric in the FBD programming language. The interface of the SCADA program of the technological process was developed in the SCADA Zenon software, and the view of the display mnemonic is presented in the paper.

**Keywords:** ice cream in waffle cups, automation, Modicon M340, Micropilot FMR60.

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

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації</b> .....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	12
<b>Розділ 2. Система автоматизації</b> .....	13
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	13
2.2. Схема автоматизації.....	30
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	31
<b>Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення</b> .....	33
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	33
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	35
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	36
<b>Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів</b> .....	40
<b>Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)</b> .....	43
<b>Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога</b> .....	51
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	51
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	52
<b>Висновки</b> .....	55
<b>Список використаної літератури</b> .....	56

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

## Вступ

Сучасне виробництво вимагає високого рівня точності та надійності для підтримання стабільної якості продукції. Без автоматизації досягти таких результатів складно, оскільки ручне управління процесами схильне до помилок та значних витрат часу і ресурсів.

Впровадження автоматизованих систем дозволяє значно підвищити ефективність управління всіма етапами виробництва морозива. Зокрема, автоматизація забезпечує точний контроль температури, тиску, рівня рідини та витрати компонентів. Це особливо важливо для виробництва харчових продуктів, де навіть найменші відхилення можуть вплинути на смак, текстуру та загальну якість продукції. Автоматизовані системи дозволяють мінімізувати людський фактор, що сприяє стабільності виробничого процесу.

Метою цієї роботи є розробка та впровадження системи автоматизації для оптимізації контролю та управління процесом виробництва морозива у вафельних стаканчиках. Це включає створення проектної документації, вибір відповідного обладнання та програмного забезпечення, а також налаштування системи з урахуванням конкретних потреб та особливостей виробничого процесу. Очікувані результати включають підвищення якості продукції, зменшення витрат ресурсів, підвищенні ефективності виробництва та забезпечення стабільності та надійності процесу.

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

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

### 1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації

Морозиво є надзвичайно популярним десертом у всьому світі, існує багато його видів, кожен з яких має свої унікальні характеристики. Основні види включають морозиво у вафельних стаканчиках, морозиво на паличці, морозиво в стаканчику, морозиво в конусах, сендвіч-морозиво та морозиво у ванночках. Морозиво у вафельних стаканчиках, яке поєднує кремову текстуру з хрустким вафельним стаканчиком, користується великою популярністю серед споживачів завдяки своїй практичності та різноманіттю смаків.

Вафельний стаканчик має бути цілим, без тріщин і зламів. Висота морозива повинна бути рівномірною, а шар морозива може виступати над краєм стаканчика, але не більше ніж на 1-1,5 см. Морозиво повинно мати однорідну структуру без грудочок льоду.

Технологічний процес виробництва морозива в вафельних стаканчиках складається із таких операцій: підготовки інгредієнтів, змішування суміші, її обробка, витримка та дозрівання суміші, фрізерування, фасування, загартування, зберігання морозива. Розглянемо кожен з даних етапів:

**Підготовка інгредієнтів.** На даному етапі, визначають якісні показники молока і охолоджують його до 1 - 2 °С, після чого воно надходить у резервуар для короткочасного зберігання. Молоко, вершки, цукор, стабілізатори та ароматизатори підготовлюють та зважують електронними системами зважування або механічними зважувальними апаратами в строго визначених пропорціях.

**Змішування суміші.** Інгредієнти змішують та готують у змішувальних танках. У першу чергу завантажують рідкі компоненти - воду, молоко, вершки, підігрівають їх до температури 35-45 °С, що забезпечує найбільш повне і швидке розчинення.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Журавльов А.Є.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення морозива у вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340		
Керівник		Полупан В.В.				8	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1	
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

Цукровий пісок вносять у сухому вигляді після просіювання (через сита з діаметром комірки 2-3 мм) або у вигляді сиропу. Сухі молочні продукти змішують з цукровим піском у співвідношенні 1:2 і розчиняють у невеликій кількості молока до отримання однорідної маси. Вершкове масло або пластичні вершки зачищають та розрізають або плавлять на невеликі шматки.

**Обробка суміші.** Перед пастеризацією суміш насосом подають на фільтр, де від неї відділяються механічні домішки і частки компонентів, що не розчинилися. Підвищений вміст сухих речовин в суміші збільшує її в'язкість і чинить захисну дію на мікроорганізми. У зв'язку з цим встановлені строгіші режими теплової обробки суміші. Тривала пастеризація сумішей для морозива відбувається при температурі 68 °С з витримкою 30 хвилин, короткочасна - при 75 °С з витримкою 20 хвилин і високотемпературна - при 85-90 °С з витримкою 50 секунд.

Гомогенізація суміші значно покращує якість морозива і полегшує подальший процес її переробки. У гомогенізованій суміші різко збільшується в'язкість, залежно від її жирності вона зростає в 5-15 разів. У зв'язку з цим при дозріванні або зберіганні в суміші не відбувається відстою жиру, що полегшує її подальшу переробку. В процесі збивання суміш з підвищеною в'язкістю і наявністю великої кількості дрібних жирових кульок легше поглинає повітря, а при гартуванні запобігає утворення великих кристалів льоду. В результаті з гомогенізованої суміші виходить пластичніше морозиво, з ніжною однорідною структурою, з добре вираженим смаком молочного жиру, який до того ж легше засвоюється організмом.

Температура гомогенізації суміші має бути не нижча 63 °С. нижчі температури гомогенізації викликають в суміші утворення скупчень жирових кульок. В процесі збивання ці скупчення жирових кульок руйнують повітряні бульбашки і погіршують збитість морозива. В результаті виходить продукт грубішої консистенції і з відчутними крупинками жиру. У зв'язку з цим необхідно пастеризовану суміш відразу ж направляти в гомогенізатор, не допускаючи зниження її температури. Встановлено, що тиск при гомогенізації

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

сумішей морозива знаходиться в зворотній залежності від вмісту в них жиру. Враховуючи це, суміші для молочного морозива гомогенізують при тиску 12,5-15 МПа, суміші для вершкового мороженого-при 10-12,5 МПа, суміші для пломбіру при 7,5- 9 МПа.

**Охолодження та дозрівання суміші.** Після гомогенізації суміш швидко охолоджують до 2-6°С і витримують протягом 4-24 годин. Мета охолодження суміші морозива полягає в підготовці її до дозрівання, а також в створенні несприятливих умов для розвитку мікроорганізмів під час її зберігання. В процесі дозрівання суміші відбувається твердіння приблизно 50% молочного жиру, викликане кристалізацією деяких гліцеридів, також дозрівання дозволяє стабілізаторам повністю активуватися та покращити текстуру морозива. Готовий продукт, виготовлений з дозрілої суміші, має високу збитість і ніжну, без крупинок кристалів льоду структуру.

**Фрізерування суміші.** Консистенція морозива значною мірою залежить від розміру кристалів льоду, які не повинні бути більшими за 100 мікронів. Завдяки правильному процесу заморожування, волога в продукті замерзає, надаючи морозиву щільну кремоподібну структуру без відчуття кристалів льоду. Під час процесу фрізерування морозиво збагачується повітрям, яке розподіляється у формі дрібних бульбашок діаметром не більше 60 мікронів. Це насичення повітрям збільшує об'єм замороженої маси в 1.5-2 рази. Найефективнішим обладнанням для заморожування є фризери безперервної дії, які забезпечують швидкий і якісний процес. Введення суміші, повітря та виведення морозива відбувається під тиском. У замороженій масі під тиском 0.5-0.8 МПа повітряні бульбашки знаходяться у стисненому стані. Коли морозиво виходить з фризера з температурою від -3°С до -5°С і потрапляє у нормальні умови тиску, бульбашки розширюються, збільшуючи об'єм морозива і його збитість до 100%.

**Фасування та загартування морозива.** Заморожену масу морозива транспортують до фасувальної машини, яка дозує морозиво у вафельні стаканчики. Морозиво може подаватися в стаканчики за допомогою

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

пневматичних або механічних фасувальних насосів, що забезпечують точність дозування. Відразу після фасування морозиво у вафельних стаканчиках швидко заморожують у загартувальній камері. Цей процес відбувається при температурі  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Швидке заморожування допомагає зберегти структуру морозива, запобігає утворенню великих кристалів льоду та забезпечує кращу консистенцію.

**Зберігання морозива.** Загартоване морозиво упаковують в картонні коробки і направляють в камери зберігання з температурою  $-18-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  і відносною вологістю повітря 85-90%. Температурні коливання в камері не повинні перевищувати  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при тривалому зберіганні морозива не допускаються зовсім.

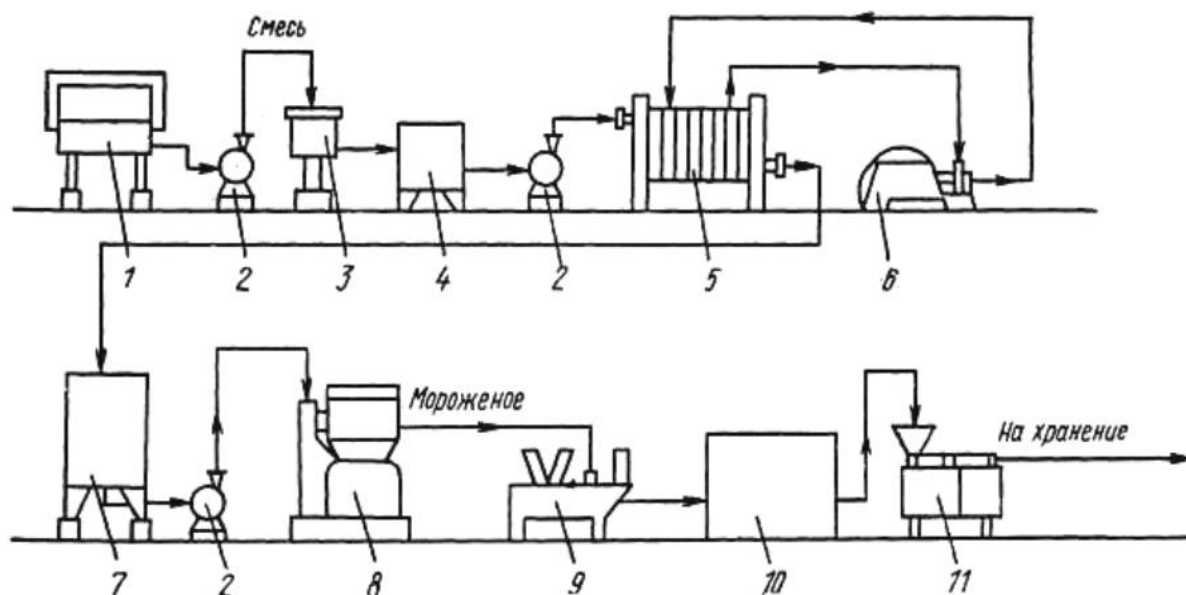


Рис.1.1. Схема технологічної лінії виробництва морозива у вафельних стаканчиках

На рисунку 1.1 прийняті наступні позначення: 1 – ванна для приготування суміші; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – урівнювальний бак; 5 – пластинчата пастеризаційно-охолоджувальна установка; 6 – гомогенізатор; 7 – резервуар для суміші; 8 – фризер; 9 – автомат для фасування морозива у вафельні стаканчики; 10 – морозильний апарат; 11 – автомат для загортання морозива.

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

## 1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

В таблиці 1.1 наведені умови експлуатації технологічного об'єкту та способи контролю та регулювання технологічних параметрів технологічного об'єкту.

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машинна, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Резервуар	Рівень	90%	Управління	Стан	Вплив на насос М1	
		Температура	2-4 °С	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора	
		Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на роботу двигуна М4	
2	Фризер	Рівень	90%	Управління	Стан	Вплив на насос М2	
		Витрата аміаку	7 м <sup>3</sup> /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі аміаку	
		Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на роботу двигуна М5	
3	Трубопровід	Тиск	200 кПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі аміаку	
		Компресор	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на роботу двигуна М6	
4	Автомат для фасування морозива у вафельні стаканчики	Рівень	90%	Управління	Стан	Вплив на роботу двигуна М3	
		Витрата суміші	100 г	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі суміші	
		Положення	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на роботу двигуна М7	

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

## Розділ 2. Система автоматизації

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

#### Датчик рівня

При виробництві морозива у вафельних стаканчиках, рівень контролюється за допомогою радарного датчика рівня Е+Н Micropilot FMR60 (рис.2.1). Прилад Micropilot є безконтактним радарним рівнеміром з частотномодульованим безперервним випромінюванням (FMCW). Антена випромінює електромагнітну хвилю з постійно мінливою частотою. Ця хвиля відбивається від продукту і приймається тією ж антеною.



Рис.2.1. Зовнішній вигляд радарного рівнеміра Е+Н Micropilot FMR60

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Журавльов А.Є.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення морозива у вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340			
Керівник		Полупан В.В.					13	20
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

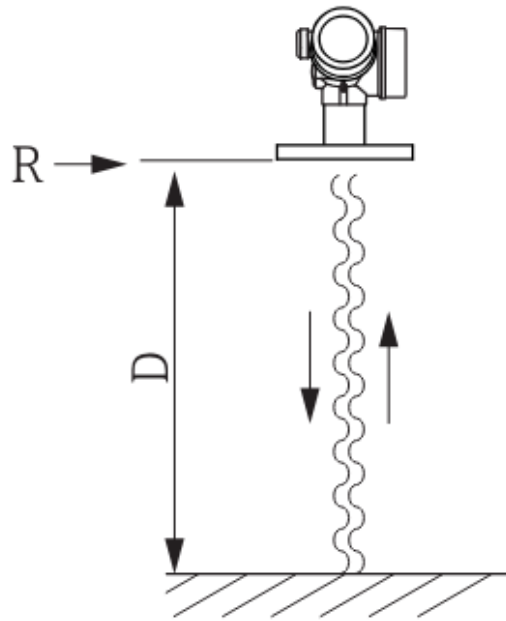


Рис.2.2. Принцип дії рівнеміра: випромінювання та відображення безперервної хвилі

де R - Контрольна точка вимірювання;

D - Відстань між контрольною точкою та поверхнею продукту.

Табл. 2.1. Характеристика датчика E+H Micropilot FMR60

Принцип вимірювання	Радарний принцип вимірювання
Частота	W-діапазон (~80 ГГц)
Похибка	+/- 1 мм (0,04 дюйма)
Температура довкілля	-40...+80 °C
Робоча температура	-40...+130 °C
Робочий тиск абс. / макс. межа надлишкового тиску	Вакуум...16 барів, (Вакуум...232 psi)
Змочувані частини	Антенa з PTFE
	Приєднання до процесу: PP або 316L
Макс. значення вимірювання	50 м (164 фута)
Зв'язок	4...20 мА HART, Додатковий перемикач, Bluetooth
Сертифікати безпеки	SIL 2, SIL 3



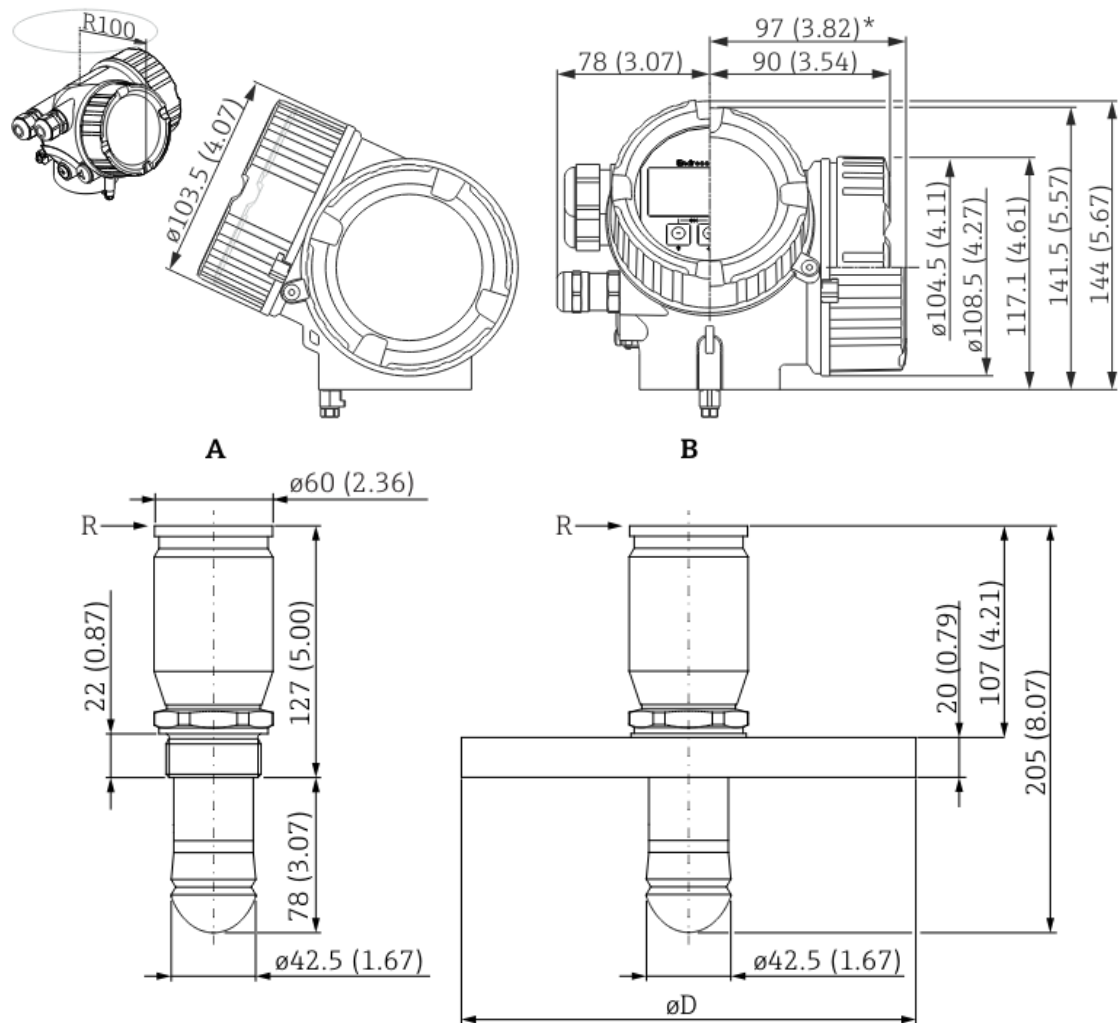


Рис.2.4. Габаритні розміри радарного рівнеміра

### Датчик температури

Датчик iTHERM ModuLine TM131 пропонує надійний захист від побічних процесів та індикацію несправностей. Виготовлений з використанням унікальних технологій, він забезпечує стабільність та точність вимірювань. Швидкий час реакції iTHERM QuickSens забезпечує ефективне управління процесом, а вібростійкість датчика iTHERM StrongSens забезпечує надійність в будь-яких умовах. Інтерфейс iTHERM TA30x забезпечує зручне управління та монтаж. Даний датчик також має міжнародну сертифікацію для вибухозахисту, підтверджуючи його надійність та безпеку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

У датчику ТМ131 використовується платиновий резистор, який змінює свій опір залежно від температури. Найпоширеніший тип сенсора - Pt100, який має опір 100 Ом при 0 °С (32 °F) і температурний коефіцієнт  $\alpha = 0,003851 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Характеристики:

- Час відгуку  $t_{90}$  близько 10 с залежно від конфігурації;
- Діапазон вимірювання:  $-200$  до  $+1100 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $-58$  до  $+1202 \text{ } ^\circ\text{F}$ );
- Діапазон тиску до 100 бар;
- Ступінь захисту: до IP 68;
- Максимальна довжина на запит до 4500,0 мм;
- Сенсорні елементи із стійкістю до вібрації до 60g.



Рис.2.5. Зовнішній вигляд датчика iTHERM ModuLine TM131

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

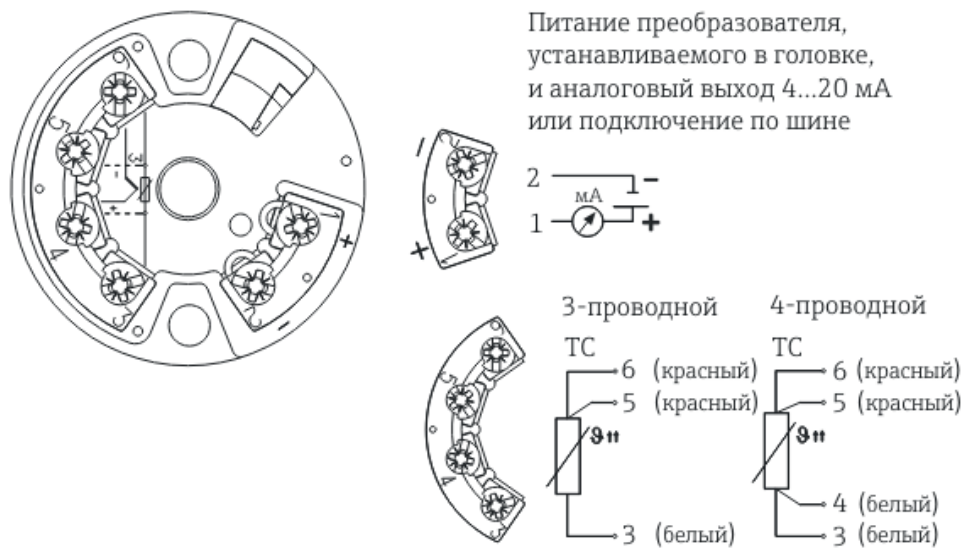


Рис.2.6. Підключення датчика температури

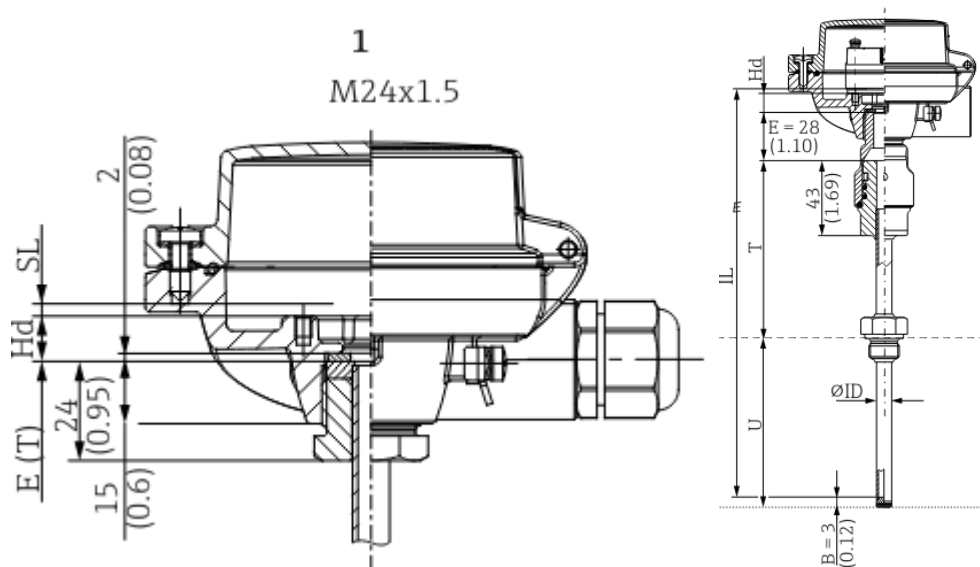


Рис.2.7. Габаритні розміри датчика

### Витратомір для аміаку

Для вимірювання витрати аміаку у фризери при виробництві морозива буде використано вихровий витратомір CS INSTRUMENTS VX570 (рис.2.8).

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



Рис.2.8. Зовнішній вигляд витратоміру CS INSTRUMENTS VX570

VX 570 - це датчик витрати з вбудованою компенсацією тиску і температури для вимірювання газу (повітря, змішаних газів), пари (насиченої або перегрітої пари) і рідин.

Переваги:

- Точне вимірювання від 2 м/с;
- Вимірює фактичну об'ємну витрату і масову витрату;
- Вимірювання стандартизованої об'ємної витрати шляхом інтегрованого вимірювання тиску і температури;
- Інноваційний принцип вимірювання гарантує точні результати вимірювання витрати в різних середовищах;
- Підходить для швидко мінливих змін температури і тиску, а також для великих масових потоків;

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

- Відсутність рухомих частин, тому низька вартість обслуговування;
- Корозійна стійкість - усі деталі, що контактують із середовищем, виготовлені з нержавіючої сталі;

- Нечутливість до вібрацій через вимірювання еталонної вібрації.

Характеристика:

- 4...20 мА, імпульс та інтерфейс Modbus RTU (RS 485) за замовчуванням. Додаткові інтерфейси, такі як Modbus TCP (Ethernet), PoE;
- Діапазон тиску до 63 бар;
- Клас захисту IP 67;
- Температурний діапазон від -40°C до 350°C;
- Вбудований дисплей для відображення вимірних значень;
- Для швидкостей від 2 м/с до 60 м/с;
- Висока точність із похибкою 1% від вимірюваної величини.

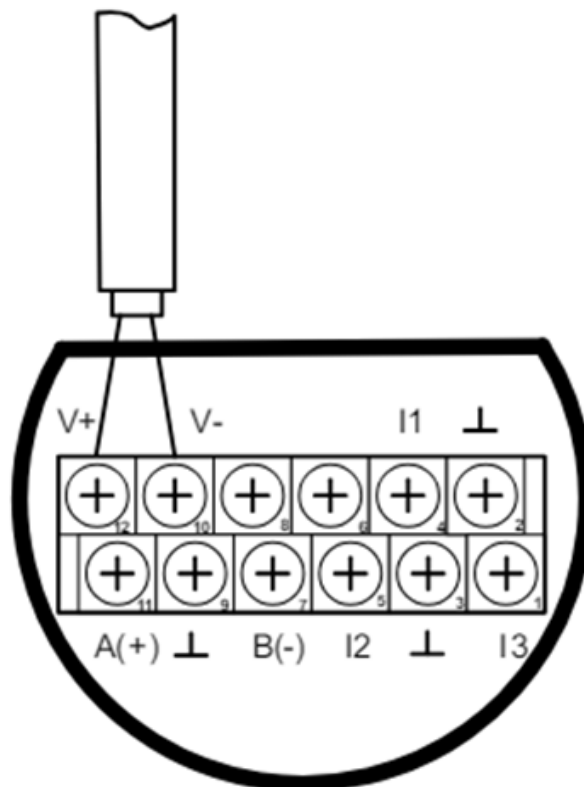
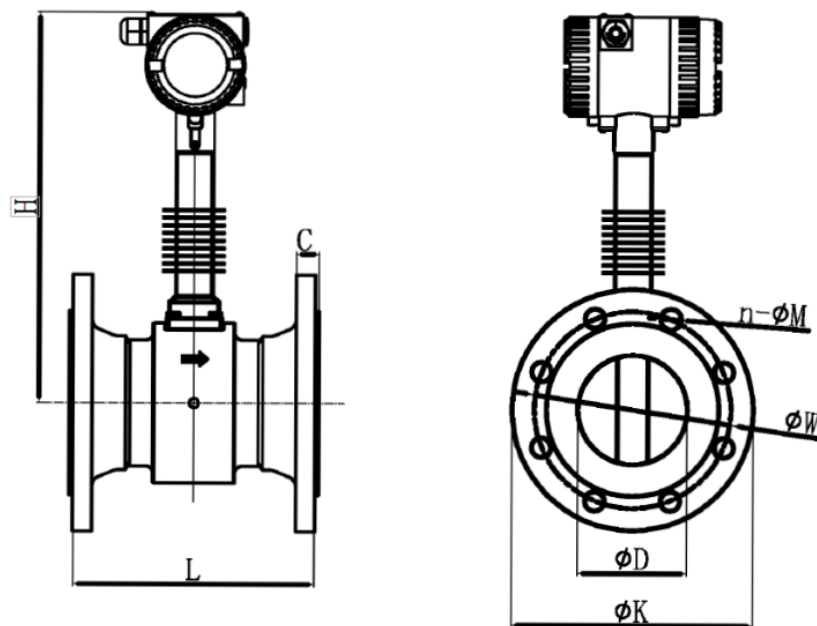


Рис.2.9. Підключення датчика



Flange-Version

Pipe [DN]	ØD [mm]	ØK [mm]	L [mm]	Flange- Dimension [mm]				height H [mm]		
				ØW	C	ØM	Qty [n]	150°C	250°C	350°C
15	15	95	165	65	16	14	4	294	335	475
20	20	105	170	75	18	14	4	294	335	475
25	25	115	170	85	18	14	4	294	335	475
32	32	140	175	100	18	18	4	294	335	475
40	40	150	180	110	18	18	4	296	337	477
50	50	165	180	125	18	18	4	301	342	482
65	65	185	180	145	18	18	8	309	350	490
80	80	200	200	160	20	18	8	316	357	497
100	100	220	215	180	20	18	8	327	368	508
125	125	250	245	210	22	18	8	341	382	522
150	150	285	270	240	22	22	8	353	534	534
200	200	340	345	295	24	22	12	378	559	559
250	250	405	410	355	26	26	12	404	585	585
300	300	460	475	410	28	26	12	429	610	610

Рис.2.10. Габаритні розміри витратоміра аміаку

### Датчик тиску

Для вимірювання тиску у трубопроводі при виробництві морозива буде використано датчик тиску Cerabar PMC11 (рис.2.11).

У Cerabar PMC11 реалізований ємнісний (безмасляний) принцип вимірювання, що дозволяє вимірювати надлишковий тиск у діапазоні від 80 мбар до 40 бар. Перетворювач тиску PMC11 має загальнопромислове виконання та

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

розрахований на умови, що відповідають його високоякісним матеріалам, у тому числі 316L та 99,9% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Перетворювач тиску з безмасляним керамічним сенсором для вимірювання надлишкового тиску в газах та рідинах.

- Висока відтворюваність та довготривала стабільність;
- Основна похибка:  $\pm 0,3\%$ ;
- Датчик діапазонів вимірювання до 400 бар (6000 фунт/кв. дюйм);
- Корпус та мембрана з нержавіючої сталі 316L;
- Температура процесу:  $-25\dots+85^{\circ}\text{C}$ ;
- Основна похибка виміру:  $\pm 0,5\%$  від діапазону виміру.



Рис.2.11. Зовнішній вигляд датчику тиску Cerabar PMC11

Принцип дії: керамічний датчик – це датчик «сухого» типу, в якому робочий тиск впливає безпосередньо на ударостійку керамічну роздільну діафрагму та викликає її деформацію. На електродах керамічної підкладки або розділової діафрагми вимірюється величина зміни електричної ємності, що визначається тиском. Діапазон виміру визначається товщиною керамічної розділової мембрани.

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

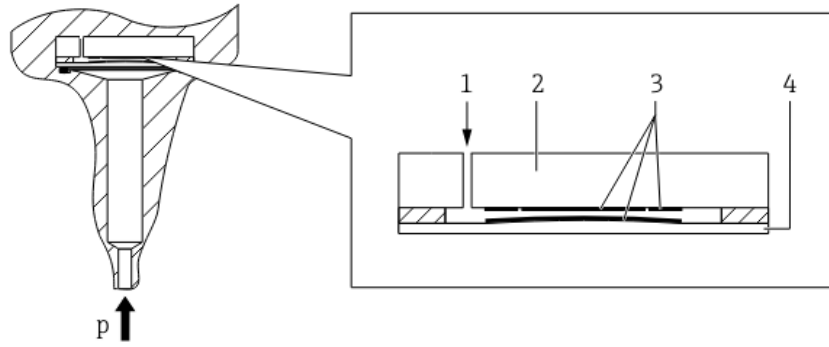


Рис.2.12. Принцип дії датчику вимірювання тиску

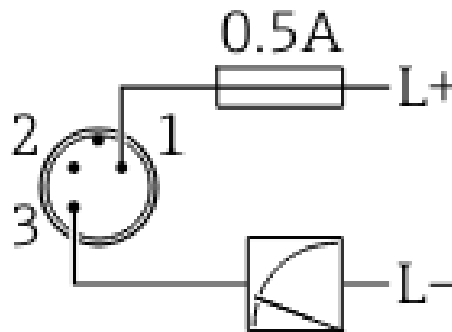


Рис.2.13. Підключення датчика Cerabar PMC11

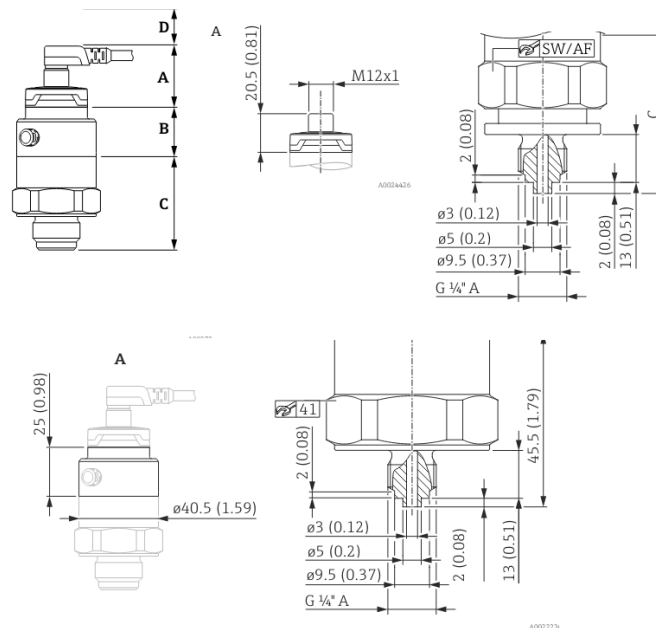


Рис.2.14. Габаритні розміри датчика тиску

### Електропневматичний перетворювач

Для керування пневматичним клапаном використовуємо електропневматичний перетворювач SAMSON 6116 (рис.2.15).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рис.2.15. Зовнішній вигляд SAMSON 6116

Тип 6116 перетворює електричний вхідний сигнал пневматичний сигнал. На вхід перетворювача подається сигнал постійного струму від 4 до 20 мА. Залежно від тиску живлення на виході перетворювача утворюється пропорційний пневматичний сигнал у діапазоні 0,2...1 бар (3 ...15 psi) або 0,4...2 бар (6...30 psi) або тиск до 8 бар (120 psi).

Особливості перетворювача:

- безперервна, лінійна характеристика;
- висока точність і хороші динамічні характеристики;
- дуже низька витрата повітря;
- можливість роботи перетворювача без регулятора вхідного тиску;
- скидання нульової точки електричного мА-сигналу за допомогою функції електроніки, що відключає.

Табл.2.2. Характеристики SAMSON 6116

Тип	електропневматичні перетворювачі
Вхід	4...20 мА
Вихід	0,2...1 бар
Вихідний сигнал	до 8 бар
Тиск живлення	0,4...10 бар
Температура довкілля	-30 - +60 °С, -40 - +70 °С
Ступінь захисту	IP 54, IP 65

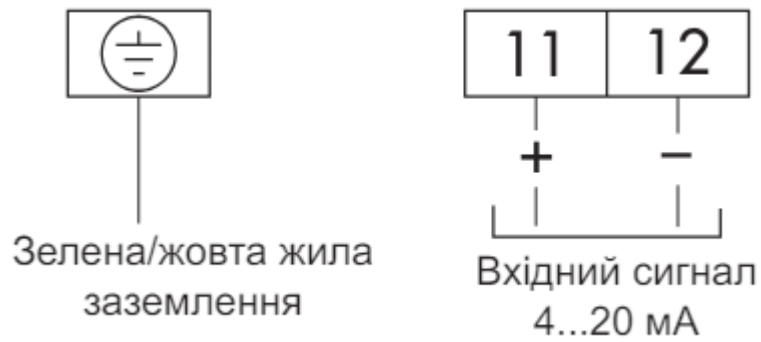


Рис.2.16. Електричне підключення

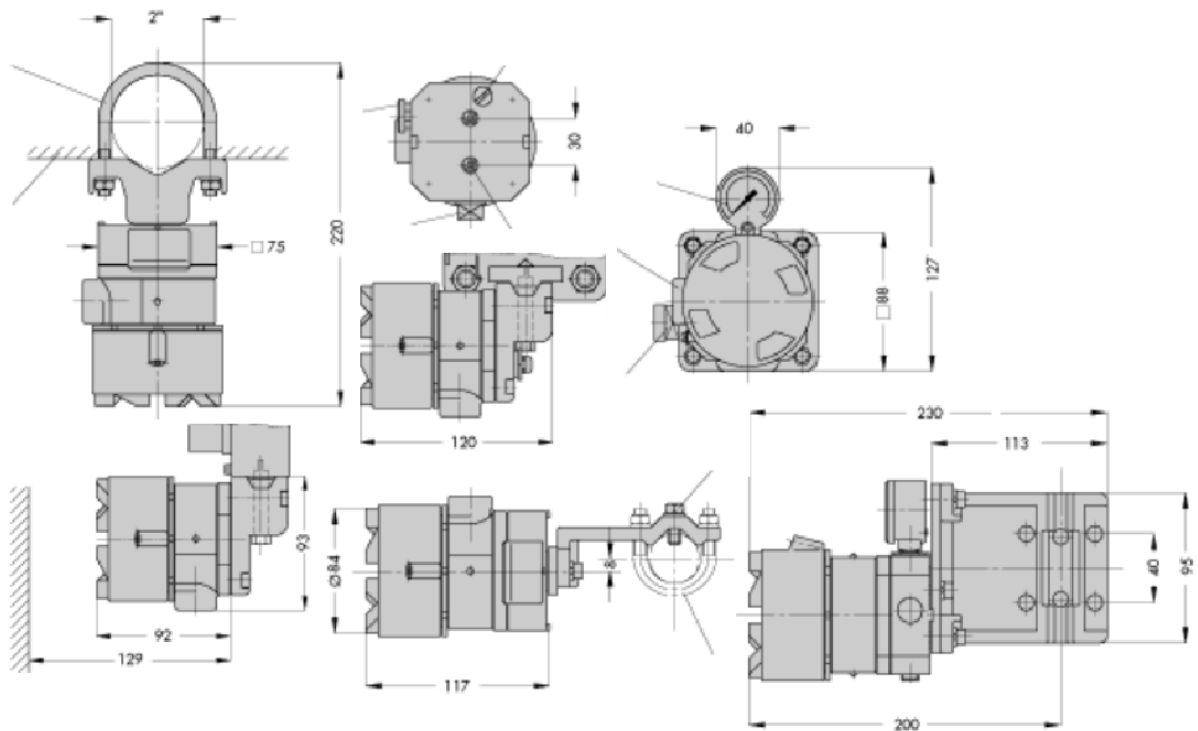


Рис.2.17. Габаритні розміри SAMSON 6116

### Пневматичний клапан

Для регулювання подачі аміаку для фризера при приготуванні морозива буде використано пневматичний клапан ADCATrol PV25G (рис.2.18).

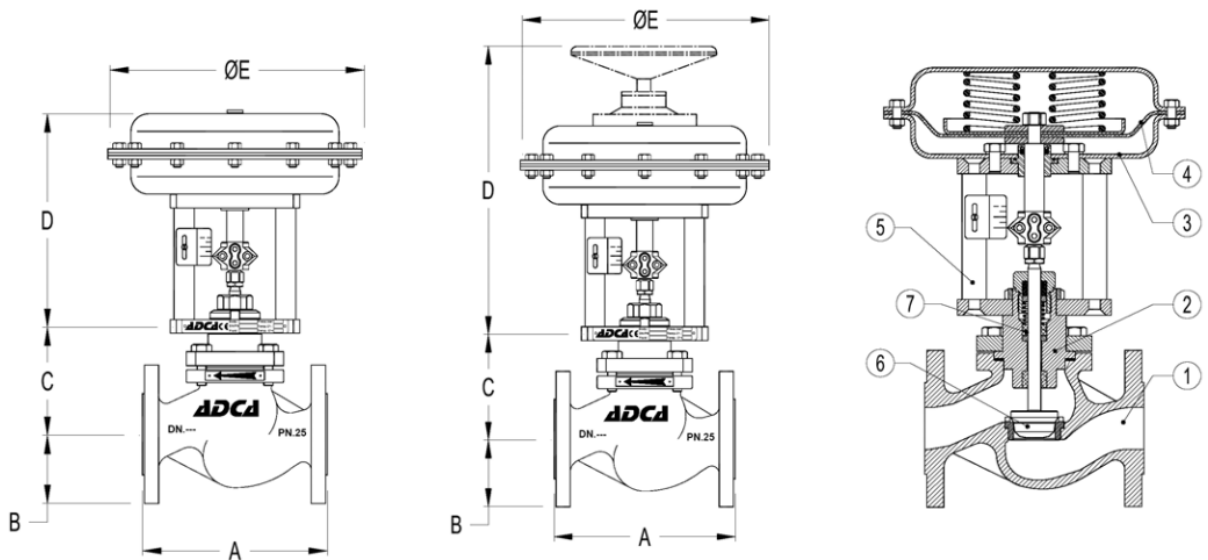
					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



Рис.2.18. Зовнішній вигляд ADCATrol PV25G

<b>VALVE LIMITING CONDITIONS:</b>	Body design conditions: PN25 25 bar at 120°C 16 bar at 300°C Min.working temperature: -10°C	<b>AVAILABLE MODELS:</b>	PV25G
<b>MAX. AIR SUPPLY PRESSURE:</b>	3.5 bar	<b>VALVE SIZES:</b>	DN15 to DN100
<b>AMBIENT TEMPERATURE:</b>	-20°C ...+70°C	<b>CONNECTIONS:</b>	Flanged DIN
<b>BONNET:</b>	From -50°C to +200°C (standard) Finned for temperature > 200°C	<b>ACTUATORS:</b>	PA-205 ; PA-280 ; PA-340 ; PA-435
<b>STEM SEALING:</b>	PTFE/GR V-Rings-up to 220°C (standard bonnet) Graphite - up to 300°C (Finned bonnet) Stainless steel bellows	<b>ACTUTOR CONN:</b>	1/4" NPT-F
<b>PLUG TYPES:</b>	Paraboloc equal percentage (EQP) Linear (PL) On-Off (PT)	<b>CONTROL SIGNAL:</b>	0.2 - 1 bar ; 0.4 - 1.2 bar ; 0.4 - 2 bar
<b>PORT:</b>	Full port as standard Reduced or microflow on request.		

Рис.2.19. Характеристики пневматичного клапану



DIMENSIONS - VALVE BODY						
DN	A (mm)	B (mm)	C (mm)			
			BONNET			
			STANDARD	FINNED	EXTENDED	BELLOWS
15	130	48	80	145	145	205
20	150	53	80	145	145	205
25	160	58	85	165	165	225
32	180	70	90	170	170	230
40	200	75	90	170	170	240
50	230	83	95	185	185	245
65	290	93	155	255	255	355
80	310	100	160	260	260	360
100	350	110	190	310	310	400

**DIMENSIONS - ACTUATOR**

Type	Ø E (mm)	D (mm)	
		DN15-100 DA/RA	DN125-200 DA
PA-205	210	235	—
PA-280	275	240	—
PA-340	335	265	—
PA-435	430	295	—

**MATERIAL**

POS.	DESIGNATION	MATERIAL
1	Valve Body	GGG 40.3
2	Bonnet	C40-Carbon Steel
3	Actuator	Steel Fe410.1
4	Diaphragm	NBR 70
5	Yoke	Carbon Steel
6	Valve Seal	PTFE/GR
7	Standard Packing	PTFE/GR

**FLOW RATE COEFFICIENTS**

	SIZES											
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
<b>Kv</b>	3.8	5.1	9.4	15.4	22.2	40.1	63.4	89.7	136.7	230.6	316.1	590

Kv - flowrate in m<sup>3</sup>/h with 1 bar of differential pressure

**VALVE STROKE IN mm**

	SIZES											
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
<b>Stroke</b>	20	20	20	20	20	20	30	30	30	40	40	50

Рис.2.20. Габаритні розміри ADCATrol PV25G

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

Кваліфікаційна робота

Арк.

27

Для регулювання подачі морозива при фасуванні морозива буде використано пневматичний клапан VZQA-C-M22U-6-GG-V4V4E-4 (рис.2.21).



Рис.2.21. Зовнішній вигляд VZQA-C-M22U-6-GG-V4V4E-4

Клапан Festo VZQA-C-M22U-6-GG-V4V4E-4 - пневматичний пережимний клапан, який дозволяє точне керування потоком продукту, що є критично важливим для дозування морозива. Здатність регулювати потік дозволяє забезпечити однорідну порціювання.

Корпус клапана та кришка виготовлені з високолегованої нержавіючої сталі, яка є стійкою до корозії і безпечною для контакту з харчовими продуктами.

Клапан може ефективно працювати при температурі середовища від -5 °C до 100 °C, що робить його ідеальним для використання з морозивом, яке потребує обробки в холодних умовах.

З клапаном можлива висока швидкість потоку ( $K_v$  0.7 м<sup>3</sup>/год) та швидкі часи відкриття та закриття (125 мс), що забезпечує швидке та точне дозування.

#### Датчик положення

Для визначення положення вафельних стаканчиків на конвеєрній лінії, щоб пневматичний клапан VZQA-C-M22U-6-GG-V4V4E-4 почав заповнювати морозивом вафельний стаканчик, використовується датчик положення LEUZE HT3C.S/6-M8.3 (рис.2.22).

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



Рис.2.22. Зовнішній вигляд LEUZE HT3C.S/6-M8.3

Даний датчик положення використовує принцип дифузного відбивання з придушенням фону. Він випромінює червоне світло, яке відбивається від об'єкта і повертається до приймача. Коли відбитий сигнал досягає приймача, датчик видає цифровий вихідний сигнал, що вказує на наявність об'єкта в діапазоні від 0,005 до 0,2 метра. Придушення фону дозволяє ігнорувати віддалені об'єкти та зменшити вплив фонових перешкод, забезпечуючи точне виявлення цільових об'єктів.

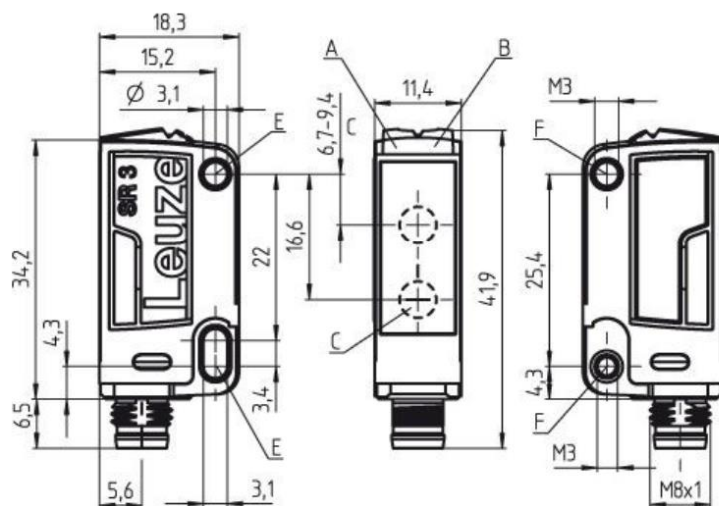


Рис.2.23 Габаритні розміри датчику

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

## 2.2. Схема автоматизації

На розробленій схемі автоматизації процесу виробництва морозива у вафельних стаканчиках враховано контроль та регулювання рівня суміші та температури у резервуарі для дозрівання, рівень у фризери та резервуарі для фасування, тиск у трубопроводі, витрата аміаку та морозива, управління двигунами мішалок, насосами подачі морозива, роботою конвеєрної стрічки та фіксування положення вафельних стаканчиків на лінії.

Рівень у резервуарі для дозрівання суміші, у фризери та резервуарі для фасування морозива вимірюється за допомогою рівнемірів (поз. 1а, 2а та 3а). Регулювання цих рівнів здійснюється насосами (поз. М1, М2 та М3). Управління насосами здійснюється магнітними пускачами (поз. КМ1-КМ3).

Температуру у резервуарі для дозрівання суміші вимірює термометр опору (поз.4а), регулюється температура клапаном подачі холодної води (поз.4в). Клапан подачі води контролюється електропневматичним перетворювачем (поз.4б).

Витрату аміаку у фризери вимірює витратомір (поз.5а), регулюється подача аміаку пневматичним клапаном (поз.5в). Клапан подачі аміаку контролюється електропневматичним перетворювачем (поз.5б).

Вимірювання тиску у трубопроводі здійснюється манометром (поз.6а).

Запуск двигунів мішалок, роботу компресора та роботу конвеєрної стрічки (поз. М4-М7) здійснюється магнітними пускачами (поз. КМ4-КМ7).

Фіксування правильного положення вафельних стаканчиків на конвеєрній лінії здійснюється датчиком положення (поз.7а).

Витрату морозива для фасування вимірює датчик витрати (поз.8а), регулюється подача морозива у вафельні стаканчики пневматичним клапаном(поз.8в). Клапан контролюється електропневматичним перетворювачем (поз.8б).

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

## 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.3. Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а-3а	по місцю	Радарний рівнемір з вихідним сигналом 4...20 мА, живлення 24В, діапазон вимірювання –40 до +130 °С	Micropilot FMR60	3	Endress+Hauser, Швейцарія
2	4а	по місцю	Термометр опору Pt100 з вихідним сигналом 4...20 мА, живлення 24В, діапазоном вимірювання – 200 до +1100 °С	iTHERM ModuLine TM131	1	Endress+Hauser, Швейцарія
3	4б	на щиті	Електропневматичний перетворювач для перетворення аналогових сигналів: 4...20мА в пневматичний сигнал 20-100 кПа, Кл.т. ≤1 %. Рживл.=140 кПа	SAMSON 6116	1	SAMSON, Німеччина
4	4в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм, Рвих.=20-100кПа,Рживл.=140 кПа	PV25G	1	ADCATrol, Португалія
5	5а	по місцю	Вихровий витратомір з вихідним сигналом 4...20 мА, живлення 24В, з діапазоном витрати від 0-45 м³/год	VX 570	1	CS INSTRUMENTS, Німеччина
6	5б	на щиті	Електропневматичний перетворювач для перетворення аналогових сигналів: 4...20мА в пневматичний сигнал 20-100 кПа, Кл.т. ≤1 %. Рживл.=140 кПа	SAMSON 6116	1	SAMSON, Німеччина

## Продовження таблиці 2.3.

1	2	3	4	5	6	7
7	5в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм, Рвих.=20-100кПа,Рживл.=140 кПа	PV25G	1	ADCA Trol, Португалія
8	6а	по місцю	Перетворювач тиску з вихідним сигналом 4...20 мА, живлення 24В, з діапазоном вимірювання: 40 кПа...4 МПа	Cerabar PMC11	1	Endress+Hauser, Швейцарія
9	7а	по місцю	Ємнісний датчик положення, номінальна зона спрацювання 8мм, живлення 24В	HT3C.S/6-M8.3	1	Leuze electronic, США
10	8а	по місцю	Вихровий витратомір з вихідним сигналом 4...20 мА, живлення 24В, з діапазоном витрати від 0-45 м <sup>3</sup> /год	VX 570	1	CS INSTRUMENTS, Німеччина
11	8б	на щиті	Електропневматичний перетворювач для перетворення аналогових сигналів: 4...20мА в пневматичний сигнал 20-100 кПа, Кл.т. ≤1 %. Рживл.=140 кПа	SAMSON 6116	1	SAMSON, Німеччина
12	8в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм, Рвих.= 100 кПа, швидкість потоку 0.7 м <sup>3</sup> /год	VZQA-C-M22U-6-GG-V4V4E-4	1	Festo, Німеччина
13	КМ1-КМ7	по місцю	Електромагнітне реле, 3 контакти. Максимальна напруга 440 Vac, номінальний струм 10А	Relpol R15-2CO	7	СВ Альтера, Україна
14	М1-М3	по місцю	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, номінальна потужність 5,5 кВт, напруга 380В	TP 150-110/6 A-F-A-BQQE-LW5	3	Grundfos, Данія
15	М4-М7	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 4 кВт, напруга 380В	AHP100S2	4	Системакс, Україна

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

## Розділ 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

### 3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Для автоматизації процесу виробництва морозива у вафельних стаканчиках використано ПЛК Schneider Electric M340.

Modicon M340 - це потужний та гнучкий програмований логічний контролер (ПЛК), призначений для використання в автоматизованих системах керування та промислових процесах. Він підтримує різноманітні модулі, включаючи аналогові модулі входів і виходів, які забезпечують високу точність вимірювань та керування. Основні характеристики модулів включають підтримку діапазонів напруги від  $\pm 10$  В до 0-10 В та струму від 0-20 мА до 4-20 мА, з ізоляцією між каналами до 1400 В постійного струму, що забезпечує високий рівень безпеки та надійності роботи. Цей ПЛК має широкі можливості для застосування у різних галузях, а особливо в харчовій промисловості, де потрібен точний контроль та моніторинг процесів.

Для дискретних та аналогових входів і виходів були підібрані модулі, які зазначені в таблиці 3.1, щоб забезпечити точність і надійність системи.

*Табл. 3.1. Обрані модулі для ПЛК Modicon M340*

Назва модуля	Кількість	Додаткова інформація
BMX XBP 0600	1	Шасі
BMX P34 2020	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 0810	1	8 аналогових входів
BMX AMO 0410	1	4 аналогових виходи
BMX DDI 1602	1	16 дискретних входів
BMX DDO 1602	1	16 дискретних виходів

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розробка системи автоматизації процесу виготовлення морозива у вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Журавльов А.Є.					33	7
Керівник		Полупан В.В.				<b>НУХТ АК-4-1</b>		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

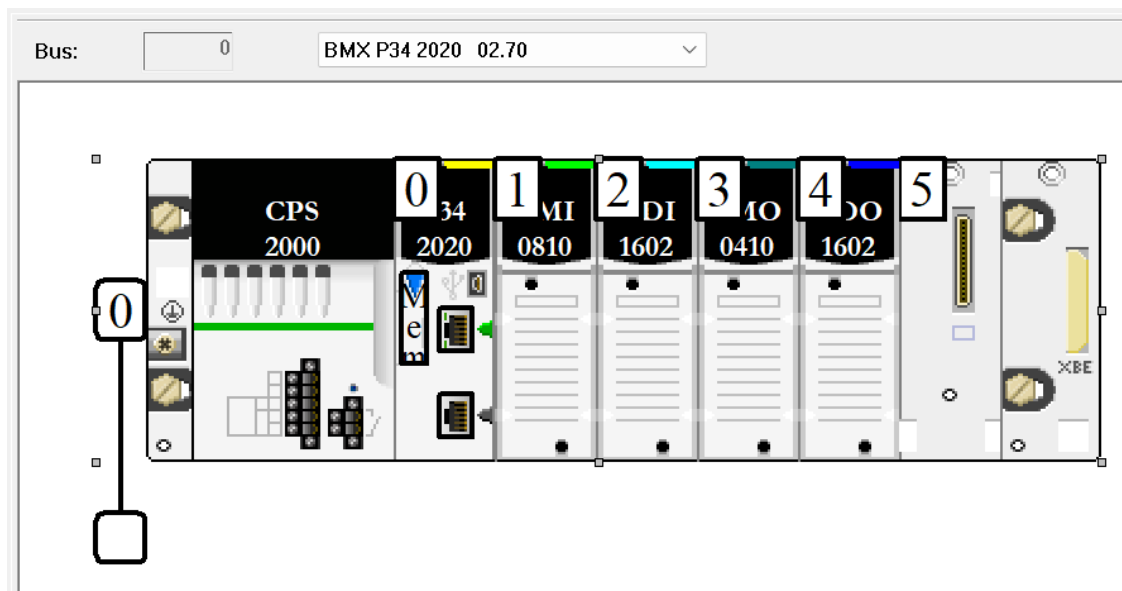


Рис.3.1. Компонування ПЛК Modicon M340

Принцип дії модуля BMX АМІ 0810 полягає в прийомі уніфікованих сигналів 4-20 мА з датчиків рівня, температури, тиску та витрати, перетворенні цих сигналів в цифрову форму, та передачі їх до програмованого логічного контролера (ПЛК) для подальшої обробки. Датчики підключаються до відповідних входів модуля, який здійснює оцифровку отриманих сигналів через вбудований аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Оцифровані дані передаються до ПЛК через внутрішню шину, де формуються управляючі сигнали.

Модуль BMX АМО 0410 працює шляхом прийому сформованих управляючих сигналів і перетворює їх у аналогові сигнали (струм 4-20 мА) для керування регулюючими клапанами, надсилаючи сигнали електропневматичному перетворювачу. Програма користувача визначає потрібні значення вихідних сигналів для точного управління положенням клапанів, забезпечуючи необхідний рівень відкриття для регулювання параметрів процесу, таких як витрата аміаку або морозива, рівень у резервуарі.

Модуль BMX DDI 1602 призначений для підключення до датчику положення, який передає сигнали у вигляді логічних рівнів (0 або 1). Датчик положення фіксує стан об'єкта, наприклад, чи знаходяться вафельні стаканчики у правильному положенні, і передає відповідний сигнал на один із входів модуля.

Модуль зчитує ці сигнали та передає їх у контролер Modicon M340 через внутрішню шину зв'язку.

Модуль ВМХ DDO 1602 використовується для керування магнітними пускачами двигунів та насосів. Коли контролер, керований програмою користувача, надсилає команду на включення певного виходу, модуль передає електричний сигнал до магнітного пускача, що активує його і запускає двигун. Виходи можуть бути в стані "включено" або "вимкнено", що дозволяє точно керування пускачами.

### 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова електрична схема автоматичного регулювання процесу виробництва морозива у вафельних стаканчиках містить такі елементи:

- QF1-QF3 – вимикачі із захистом електричних ланцюгів від перевантаження та короткого замикання;
- БЖ1-БЖ2 – блоки живлення або перетворювачі змінної напруги у постійну напругу 24 В для живлення компонентів.

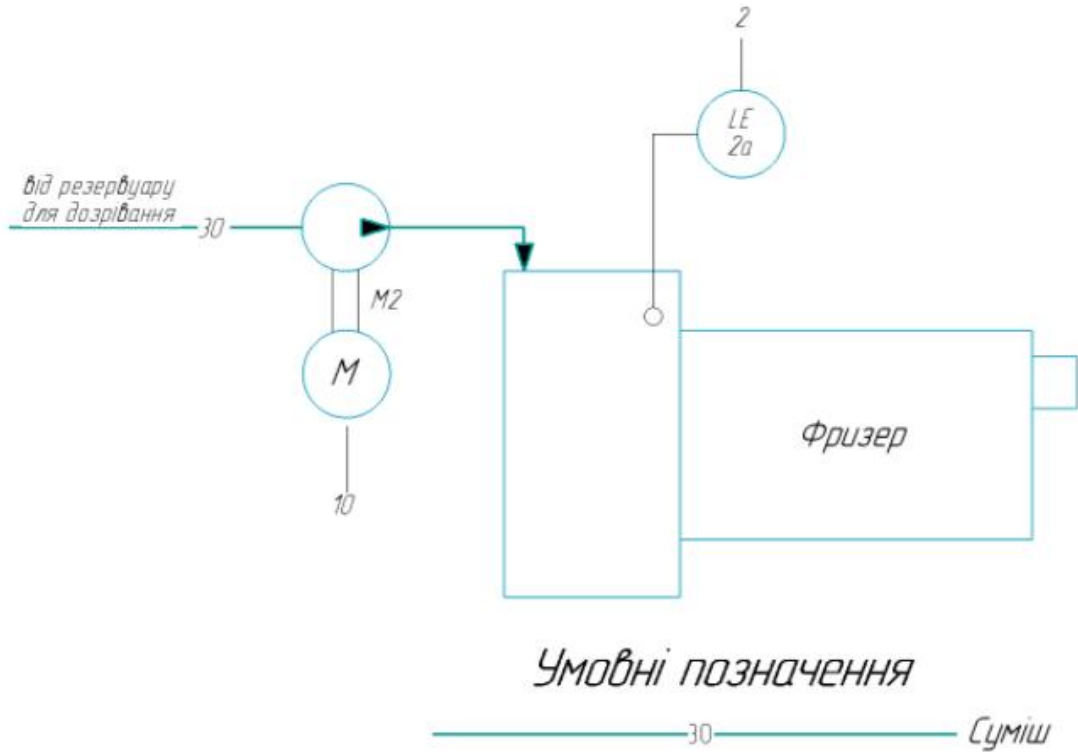
У принциповій електричній схемі автоматичного регулювання використовувалася така нумерація провідників:

- 800-851 – провідники, які мають змінний струм;
- 900-903 – провідники, які мають постійний струм;
- 100-107 – провідники, які мають вимірювальні сигнали;
- 200-212 – провідники, які мають регулюючі та управляючі сигнали;
- 0800 – провідники з сигналами пневматичного живлення;
- 0200-0202 – провідники з сигналами пневматичного управління.

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

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

#### Контур регулювання рівня суміші у фризери



		2	10
		90%	
		LT 2a	NS M2
	Прилади по місцях		
	Прилади на щиті		
ПЛК	Y	•	•
	C	•	
	S		•
	B	•	•
ПК	B	•	•
	I	•	•
	R		
	C	•	
	S		•
	A		•

Рис.3.2. Схема автоматизації контуру регулювання рівня у фризери

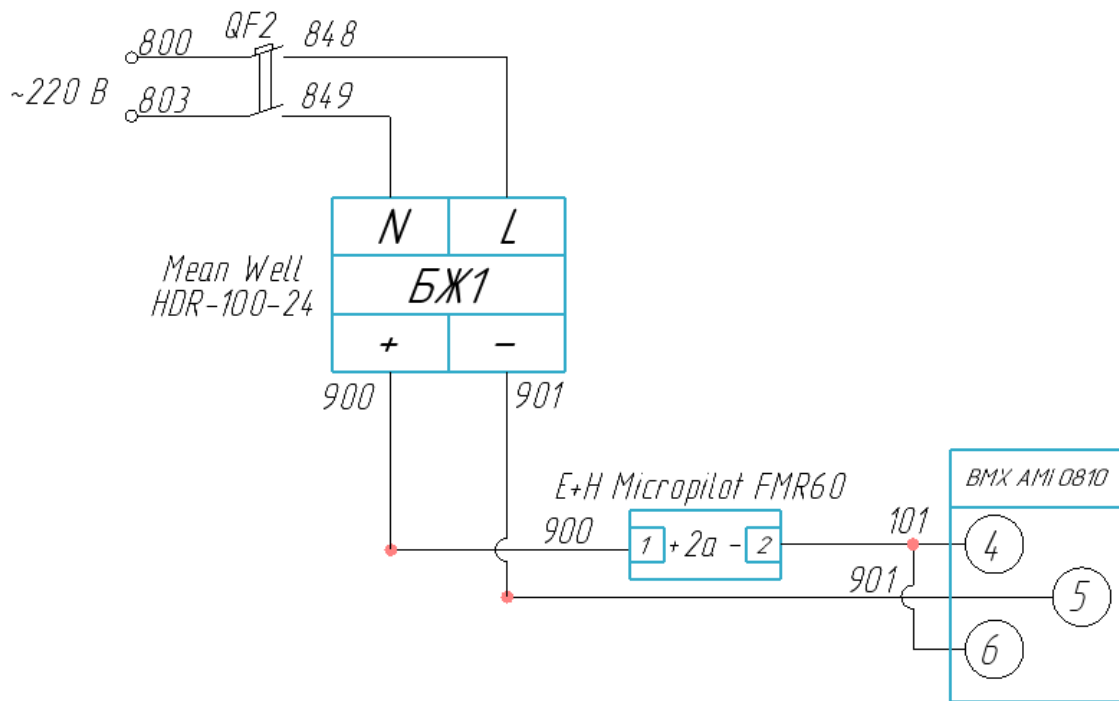


Рис.3.3. Принципова електрична схема підключення датчика рівня E+H Micropilot FMR60 до модуля BMX AMI 0810

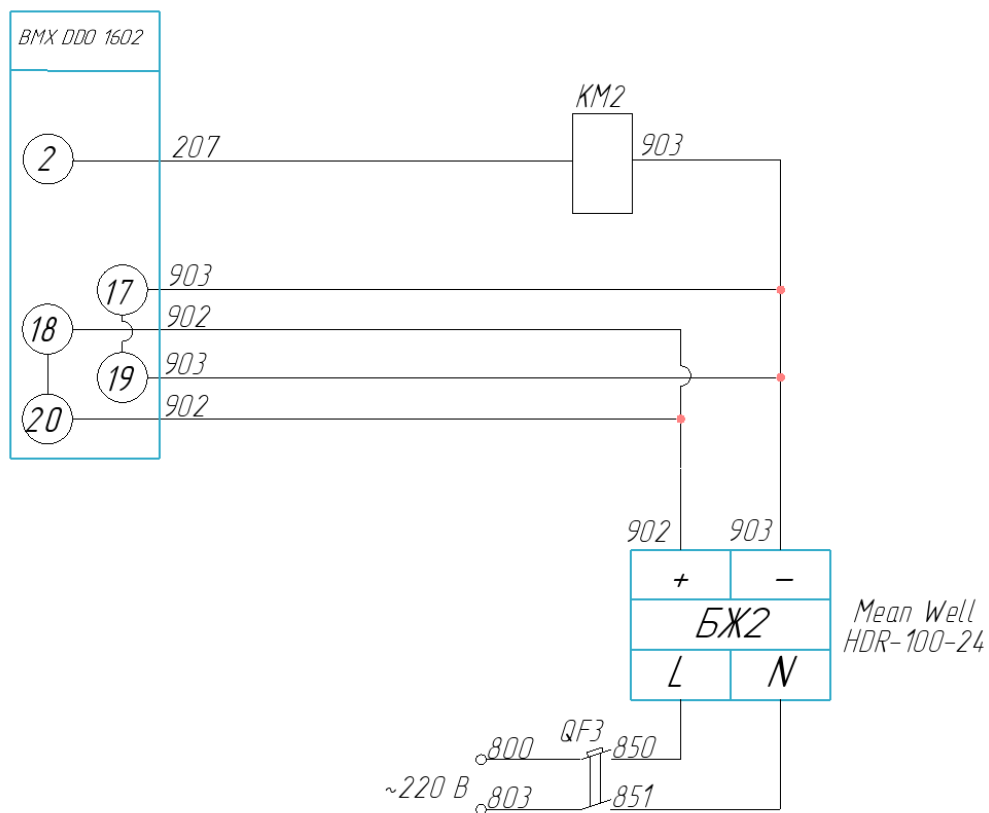


Рис.3.4. Принципова електрична схема підключення магнітного пускача KM2 до модуля BMX DDO 1602

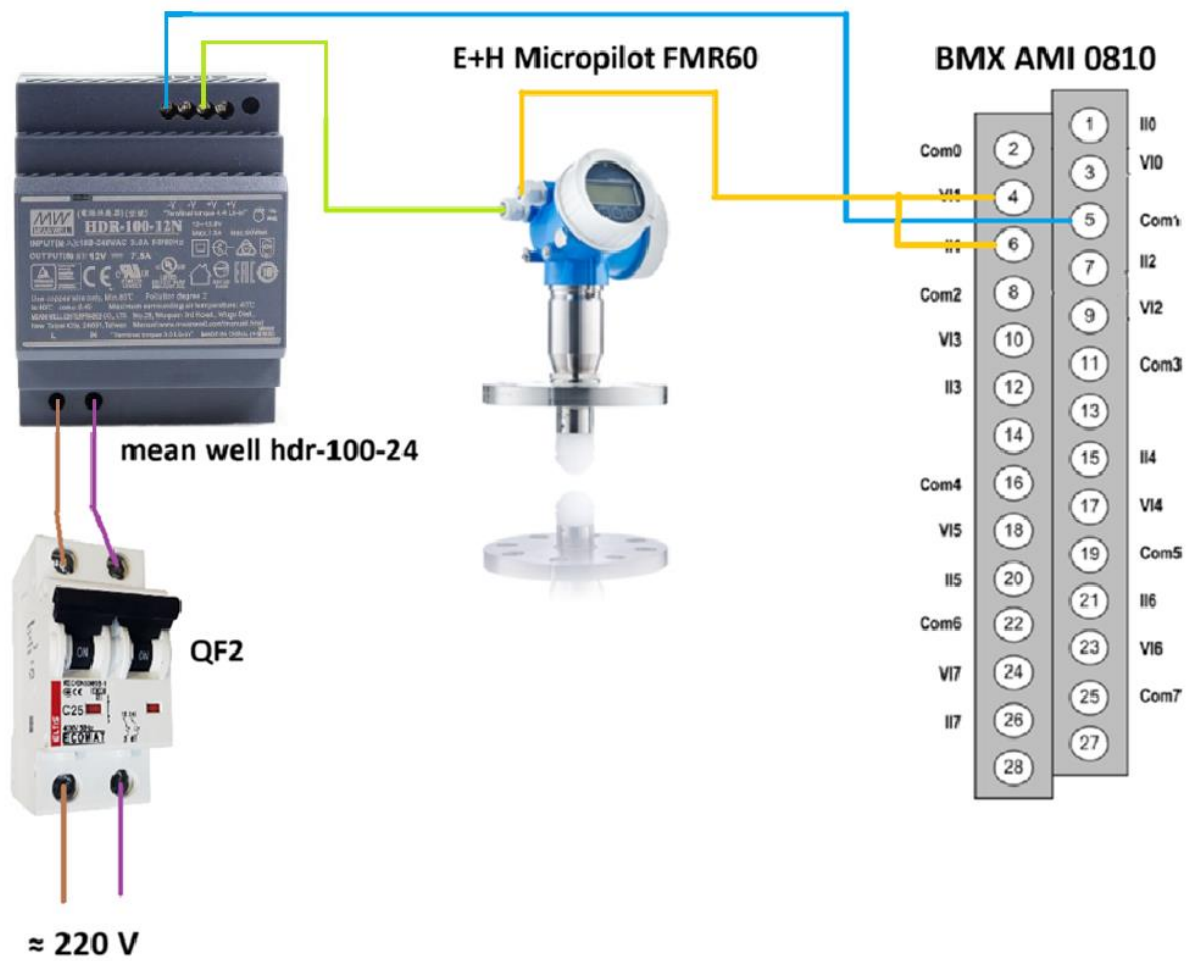


Рис. 3.5. Графічна схема підключення E+H Micropilot FMR60 до BMX AMI 0810

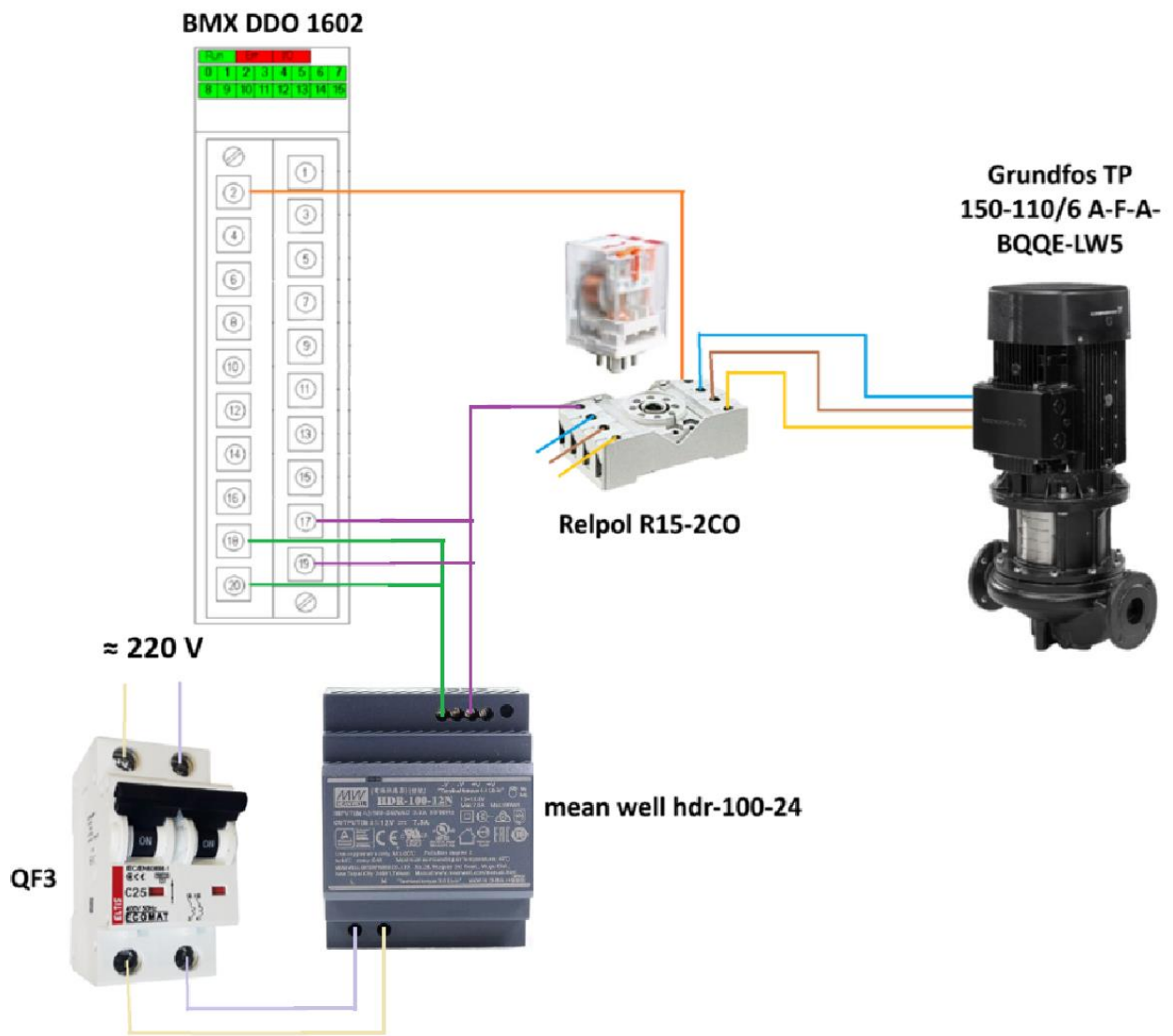


Рис. 3.6. Графічна схема підключення Grundfos TP 150-110/6 A-F-A-BQQE-LW5 до BMX DDO 1602

## Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для вимірювання рівня суміші та морозива у резервуарах використовується радарний рівнемір Micropilot FMR60 від компанії Endress+Hauser. Прилад використовує технологію частотно-модульованого безперервного випромінювання (FMCW), де антена випромінює електромагнітну хвилю з постійно змінною частотою. Ця хвиля відбивається від поверхні продукту і приймається антеною, дозволяючи визначити рівень з високою точністю.

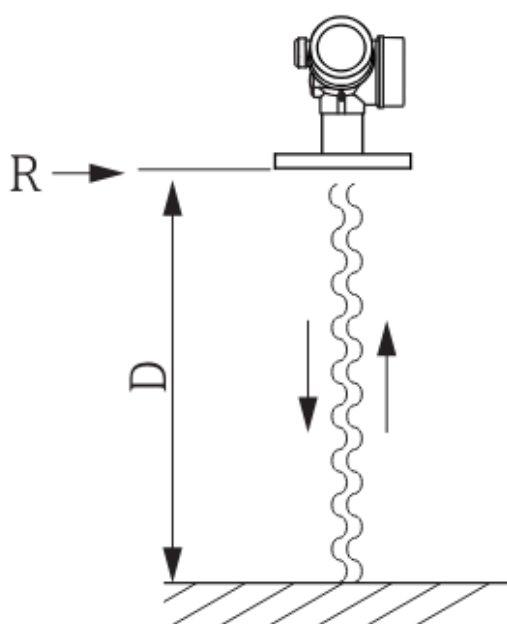


Рис.4.1. Принцип FMCW: випромінювання та відображення безперервної хвилі

де R - Контрольна точка вимірювання;

D - Відстань між контрольною точкою та поверхнею продукту.

Основні переваги Micropilot FMR60 включають:

- Інноваційна антена каплевидної форми з PTFE, яка забезпечує захист від конденсату і дозволяє проводити вимірювання навіть у складних умовах;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Журавльов А.Є.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення морозива у вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Полупан В.В.					40	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

- Покращене фокусування променя з меншим кутом розбіжності забезпечує точні вимірювання навіть в резервуарах зі складною внутрішньою арматурою;
- Проста установка і введення в експлуатацію завдяки зручному інтерфейсу користувача;
- Максимальна надійність досягається шляхом відстеження і аналізу кількох ехо-сигналів;
- Збереження всіх налаштувань в модулі пам'яті HistoROM полегшує обслуговування і діагностику;
- Підтримка стандартів безпеки SIL2 і SIL3 для одно- або різнорідного дублювання;
- Технологія Heartbeat дозволяє проводити перевірку і діагностику приладу без переривання процесу.

Основні характеристики:

- Діапазон вимірювання: до 50 м (164 футів);
- Температура середовища: від -40 до +130 °C (від -40 до +266 °F);
- Тиск: від -1 до +16 бар (від -14,5 до +232 фунтів на квадратний дюйм);
- Похибка вимірювання:  $\pm 1$  мм (0,04 дюйма);
- Протокол лінеаризації: за 3 або 5 точками.

Технічні характеристики:

- Робоча частота: приблизно 80 ГГц;
- Пікова потужність передавання: 6,3 мВт;
- Середня вихідна потужність: 63 мкВт;
- Тип вихідного сигналу: HART, з можливістю вибору сигналу при збої (відповідно до рекомендацій NAMUR NE 43);
- Захист від перенапруги: внутрішній або зовнішній модуль захисту від перенапруги.

Умови установки:

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

Монтаж радарного рівнеміра Micropilot FMR60 вимагає встановлення приладу на відстані не менше 15 см від стіни резервуара і уникнення монтажу в центрі або над потоком завантаження продукту. Антена повинна бути встановлена вертикально по відношенню до поверхні вимірюваного середовища, з довжиною патрубків, що не перевищує рекомендованих значень (максимально 150 мм для діаметра патрубків 50 мм). Внутрішні пристрої резервуара не повинні знаходитися в зоні дії сигнального променя.

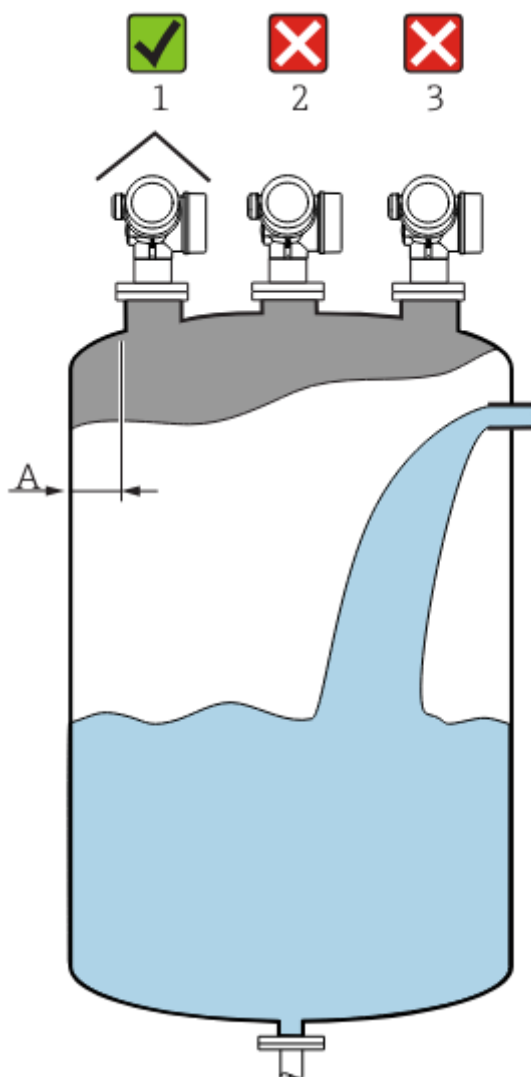


Рис.4.2. Монтажна схема приладу

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

## Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Програмне забезпечення Unity Pro підтримує різні мови програмування, такі як Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), Structured Text (ST), та Sequential Function Chart (SFC), що робить його універсальним інструментом для розробки автоматизаційних рішень.

Однією з ключових особливостей Unity Pro є його розширені можливості для налагодження та діагностики, які дозволяють інженерам ефективно виявляти та виправляти помилки в реальному часі. Програмне забезпечення підтримує симуляцію програм без необхідності підключення до фізичного обладнання, що полегшує тестування та оптимізацію коду. Інтеграція з іншими продуктами Schneider Electric дозволяє легко налаштовувати та керувати складними системами автоматизації.

Програма забезпечує високу продуктивність розробки завдяки можливості повторного використання коду та модульного підходу до створення програм. Це сприяє зменшенню часу та зусиль, необхідних для впровадження нових проектів, а також підвищує надійність і стабільність систем. Дружній інтерфейс і розширена документація роблять Unity Pro доступним як для досвідчених інженерів, так і для новачків у галузі автоматизації.

Unity Pro підтримує багаторівневу архітектуру безпеки, що включає захист паролем та контроль доступу, забезпечуючи високий рівень безпеки розроблених рішень. Це особливо важливо в умовах підвищених вимог до кібербезпеки в промислових середовищах. Крім того, Unity Pro пропонує гнучкі можливості для налаштування інтерфейсу та робочих процесів під конкретні потреби користувача, що робить його надзвичайно адаптивним інструментом.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Журавльов А.Є.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виготовлення морозива у вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		Полупан В.В.					43	8
<i>Зав. каф.</i>		Смітюх Я.В.				<b>НУХТ АК-4-1</b>		
<i>Секр. ЕК</i>		Проскурка Є.С.						

Алгоритм процесу виробництва морозива у вафельних стаканчиках показано у вигляді блок-схеми на рис. 5.1 та 5.2.

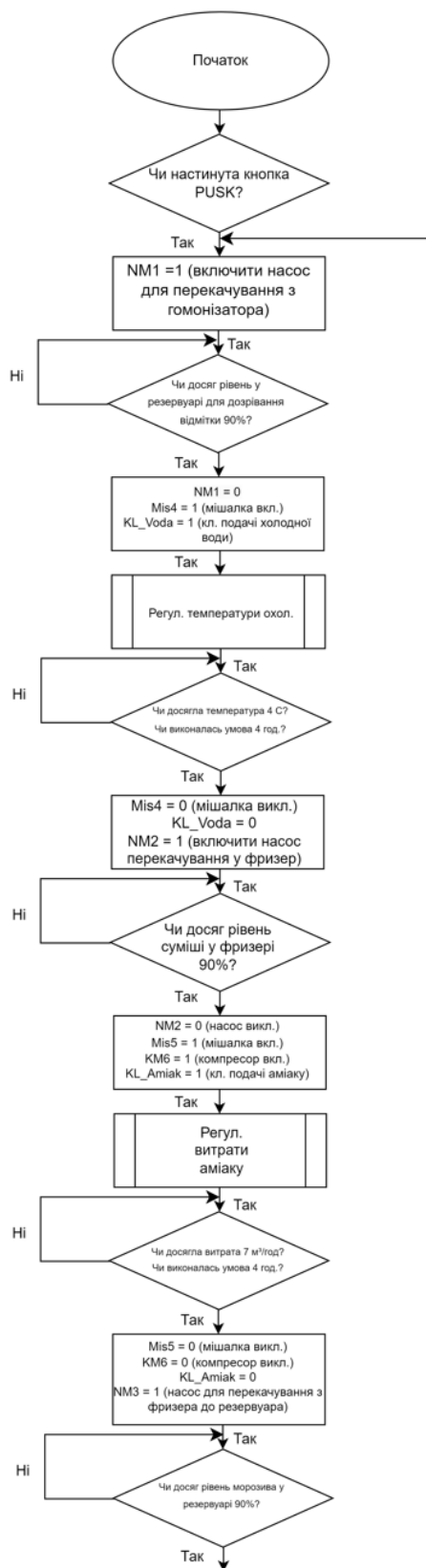


Рис.5.1. Фрагмент алгоритму процесу виробництва у вафельних стаканчиках

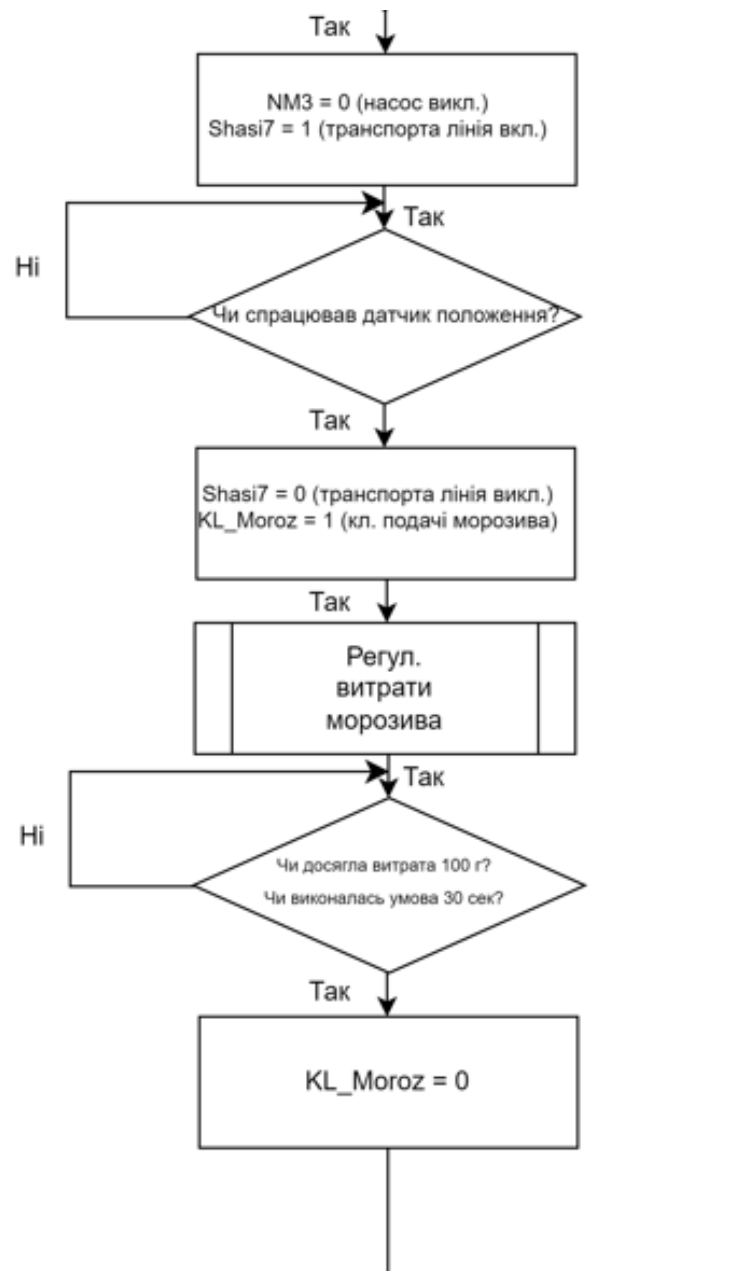


Рис.5.2. Фрагмент алгоритму процесу виробництва у вафельних стаканчиках

Змінні вказуються у програмному забезпеченні Unity Pro з використанням певних атрибутів, які включають ім'я, тип, значення, коментар та адресу.

Ім'я змінної використовується для її ідентифікації у програмі. Це унікальне ім'я, яке дозволяє програмісту звертатися до змінної в коді. Унікальність імені змінної є ключовою для забезпечення точного звернення до потрібних даних у програмі.

Тип змінної визначає формат і тип даних, які вона може зберігати. Наприклад, тип “INT” використовується для цілих чисел, тоді як тип “EBOOL” використовується для булевих значень (істина або хибність).

Адреса змінної визначає її місцезнаходження в пам'яті контролера. Це дозволяє програмному забезпеченню знати, де саме зберігати або звідки отримувати значення цієї змінної.

Створені змінні для виконання програми вказані на рис.5.3.

Name	Type	Value	Comment	Address
KL_Moroz	INT		Клапан подачі морозива у вафельні ...	%QW0.3.2
KL_Voda	INT		Клапан подачі холодної води	%QW0.3.1
KL_Amiak	INT		Клапан подачі аміаку	%QW0.3.0
Shasi7	EBOOL		Двигун шасі	%Q0.4.6
KM6	EBOOL		Компресор	%Q0.4.5
Mis5	EBOOL		Мішалка у фризери	%Q0.4.4
Mis4	EBOOL		Мішалка у резервуарі	%Q0.4.3
NM3	EBOOL		Насос для перекачування морозива ...	%Q0.4.2
NM2	EBOOL		Насос для перекачування з резерву...	%Q0.4.1
NM1	EBOOL		Насос для перекачування з гомоніза...	%Q0.4.0
FE_Moroz	INT		Витрата морозива	%IW0.1.6
FE_Amiak	INT		Витрата аміака	%IW0.1.5
PE_Tr	INT		Тиск у трубопроводі	%IW0.1.4
TE1	INT		Температура у резервуарі для дозрі...	%IW0.1.3
LE3	INT		Рівень у резервуарі для фасування	%IW0.1.2
LE2	INT		Рівень у фризери	%IW0.1.1
LE1	INT		Рівень у резервуарі для дозрівання	%IW0.1.0
GE1	EBOOL		Датчик положення морозива на шасі	%I0.2.1
SB_Start	EBOOL		Кнопка Старт	%I0.2.0

Рис. 5.3. Перелік основних змінних вводу/виводу в UNITY PRO

При розробці програми була обрана мова функціональних блокових діаграм (FBD) яка має кілька переваг при програмуванні контролерів, таких як зрозумілий графічний інтерфейс, що полегшує візуалізацію та налагодження логіки програми, зручність у створенні та повторному використанні функціональних блоків, висока читабельність і зручність для командної роботи, що спрощує комунікацію між інженерами та технічним персоналом. Вона дозволяє інтегрувати різні види логічних функцій і забезпечує швидку адаптацію

та модифікацію програмного забезпечення під нові вимоги та зміни у виробничих процесах.

Структура проекту має 4 секції: Imitation, Inputs, Prog, Outputs, вона зображена на рис.5.4.

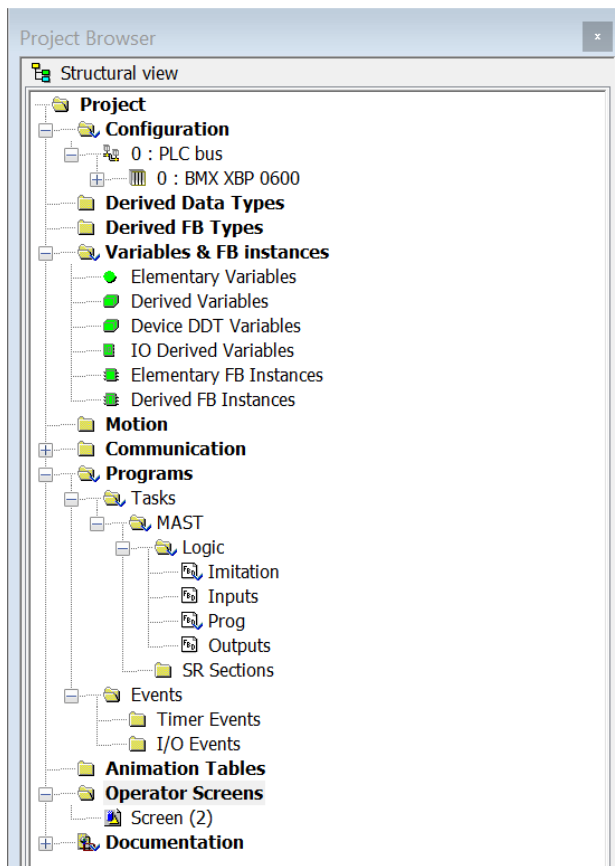
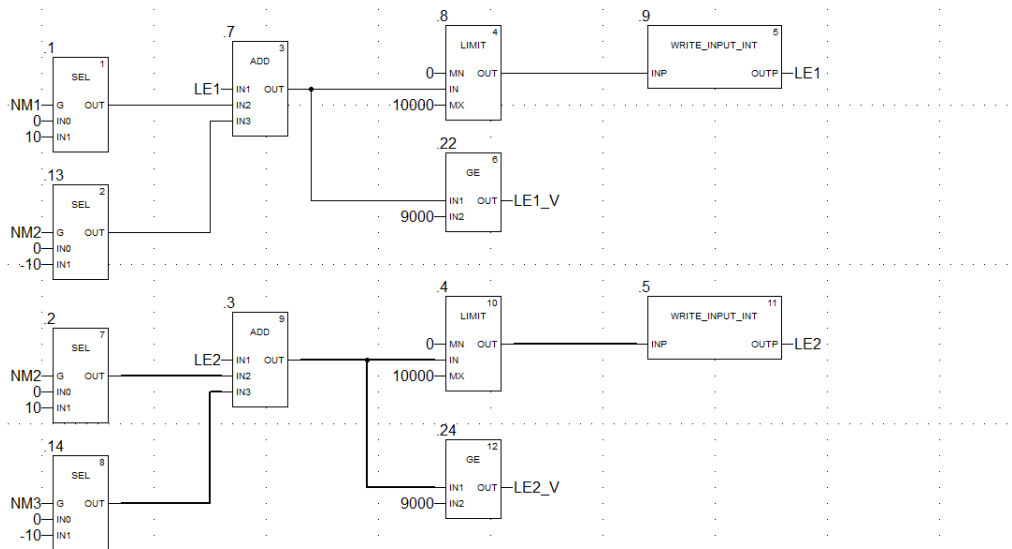
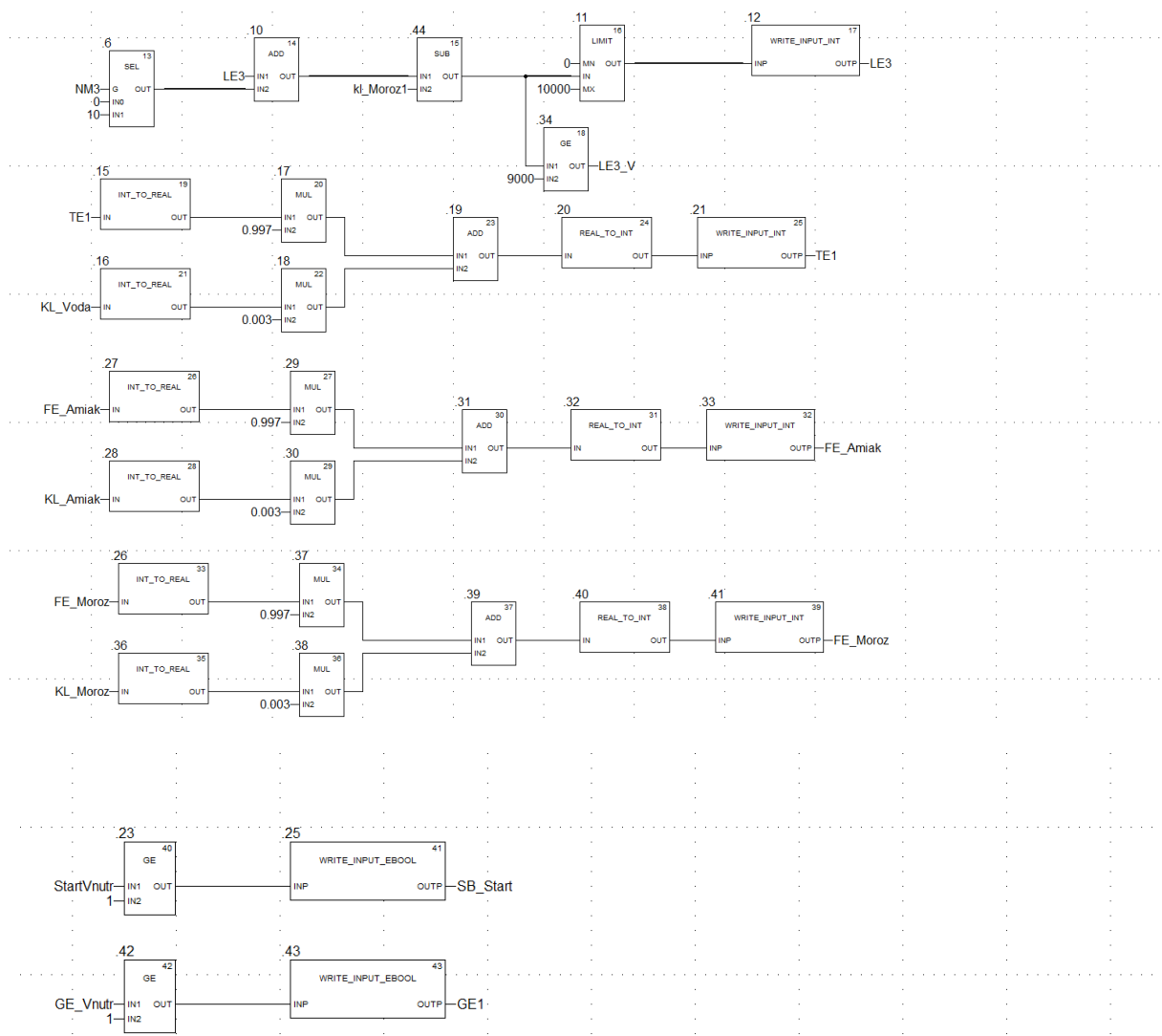


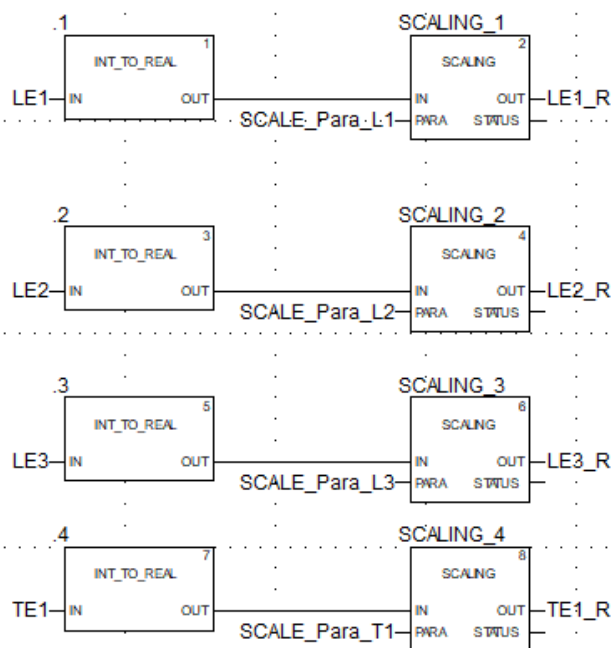
Рис.5.4. Структура програмної частини проекту

Секція Imitation:

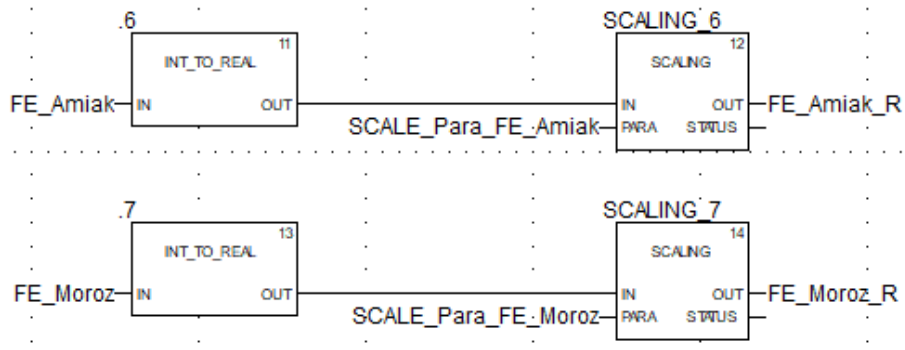




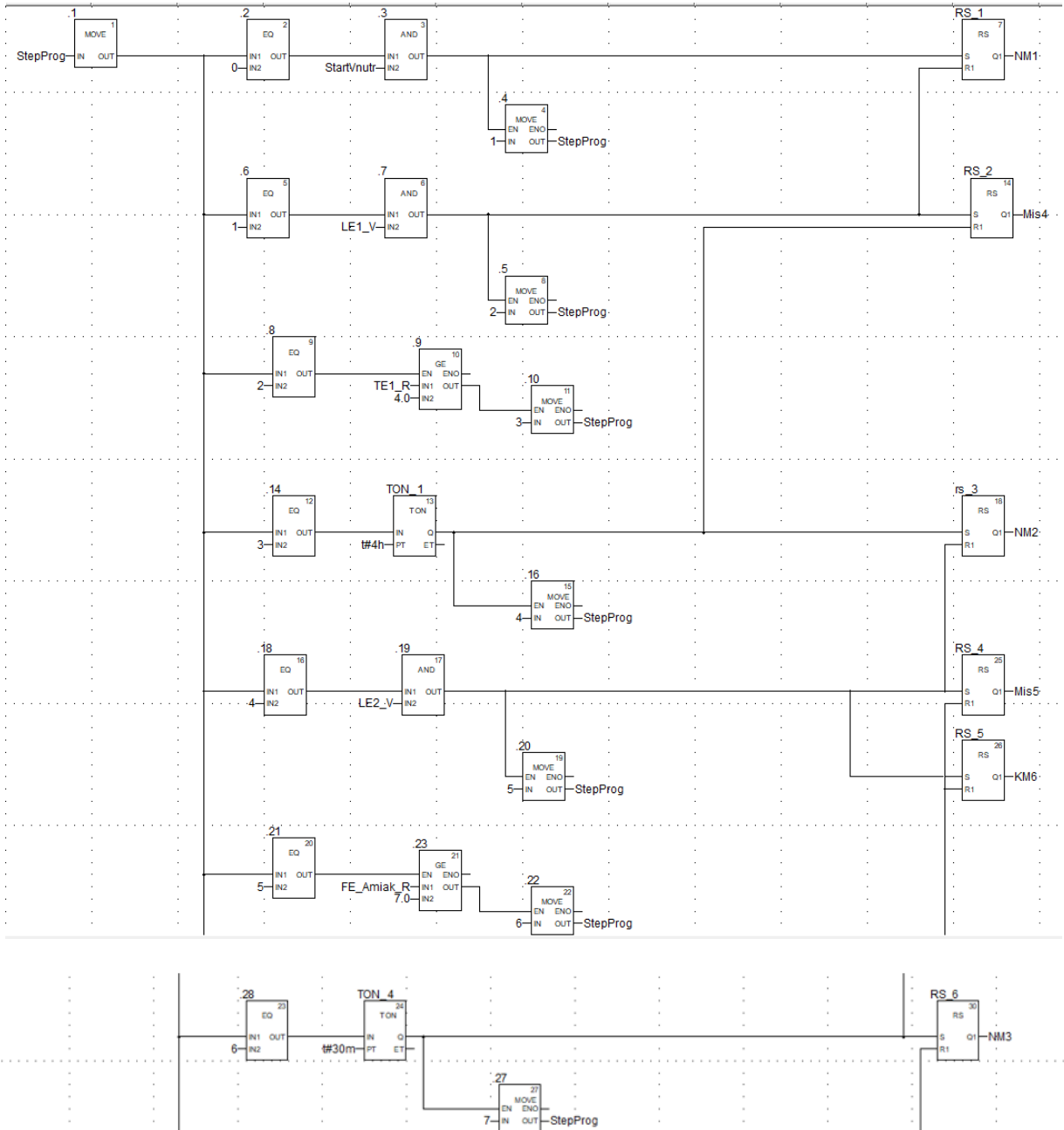
### Секція Inputs:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Секція Prog:

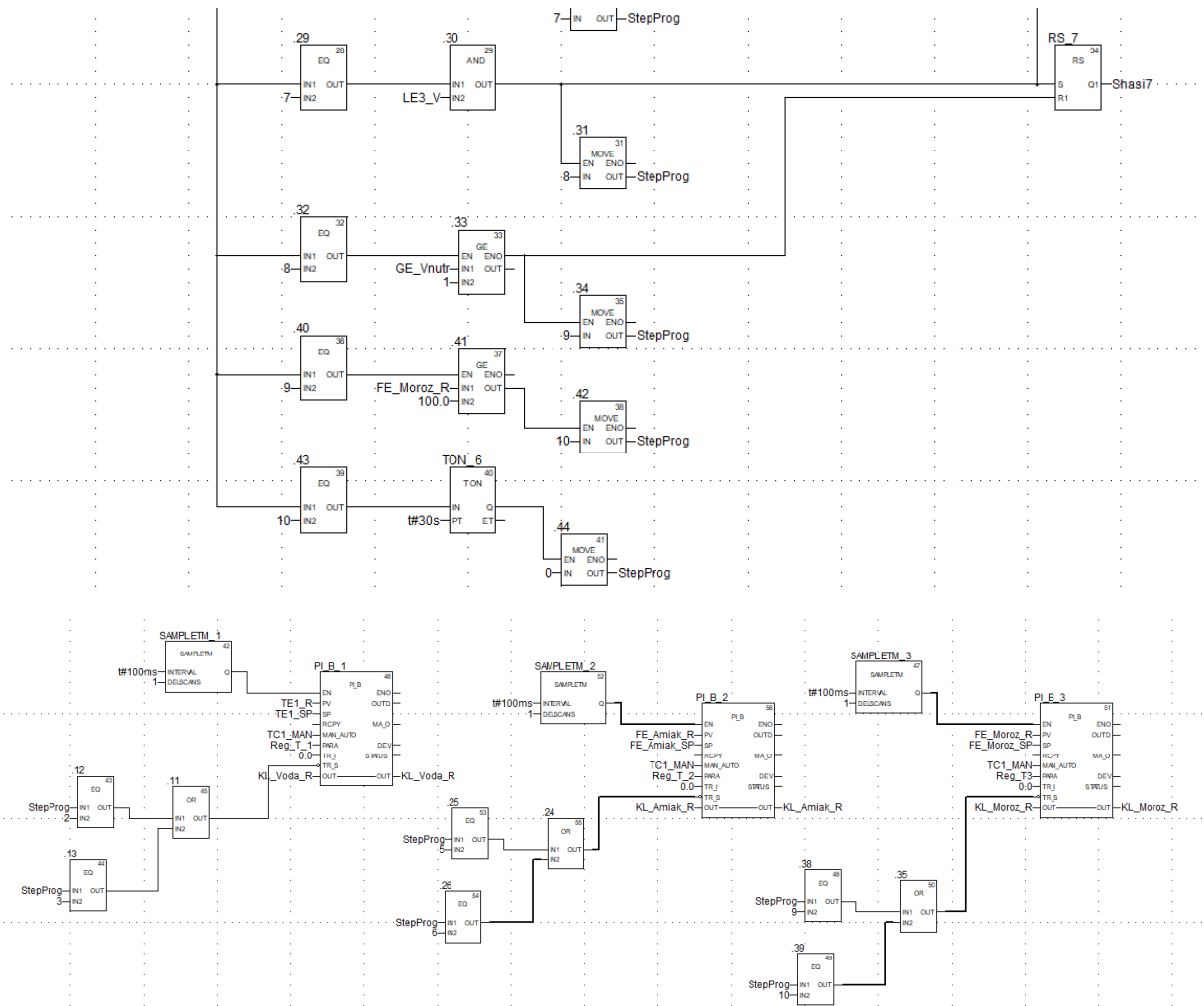


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

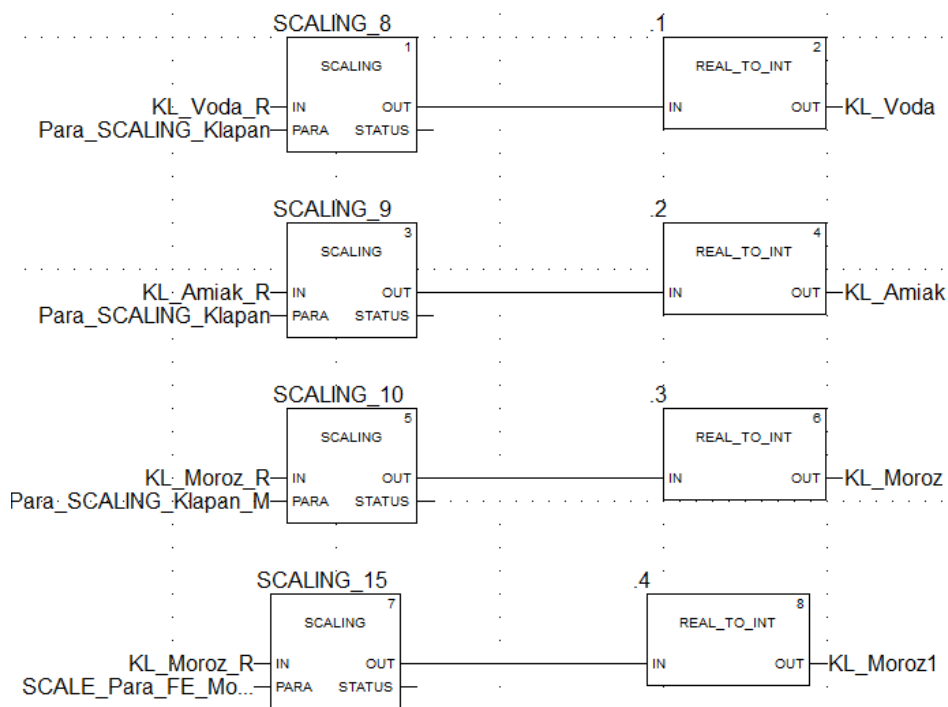
Кваліфікаційна робота

Арк.

49



Секція Outputs:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

SCADA Zenon - це потужна система управління і збору даних (Supervisory Control and Data Acquisition), розроблена компанією COPA-DATA. Ця платформа широко використовується для автоматизації промислових процесів у різних галузях, включаючи харчову промисловість. Завдяки своїй модульній архітектурі, Zenon може бути легко адаптований під конкретні потреби користувача, забезпечуючи високу гнучкість та масштабованість.

Однією з ключових переваг Zenon є його зручність у використанні. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяє операторам легко моніторити і керувати процесами в реальному часі, зменшуючи ймовірність помилок та підвищуючи ефективність роботи. Система підтримує широкий спектр промислових стандартів і протоколів, що забезпечує безшовну інтеграцію з існуючим обладнанням та системами. Крім того, Zenon має інструменти для аналізу даних та візуалізації, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення на основі точних та актуальних даних.

Система також підтримує функції для віддаленого доступу та мобільного моніторингу, що дозволяє користувачам керувати процесами навіть знаходячись поза межами виробничого майданчика. Zenon забезпечує високий рівень безпеки даних завдяки вбудованим механізмам аутентифікації та шифрування.

Ще однією важливою характеристикою Zenon є його здатність до інтеграції з іншими системами автоматизації та IT-інфраструктурою підприємства. Система підтримує різні стандарти інтерфейсів, такі як OPC UA, Modbus, VASnet, і багато інших, що робить її універсальним інструментом для промислової автоматизації.

На рисунку 6.1. представлені змінні, які використовуються для створення

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Журавльов А.Є.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу виготовлення морозива у вафельних стаканчиках з використанням ПЛК Modicon M340</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Полупан В.В.</i>				51	4
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>	
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

проекту в Zenon. Змінні включають витрату рідини, стан мішалок, роботу насосів, положення клапанів, рівень рідини в резервуарах, температуру, тиск, а також стан компресора та двигуна шасі. Ці змінні дозволяють операторам отримувати інформацію про стан системи в реальному часі та управляти різними компонентами процесу, забезпечуючи ефективне та безпечне функціонування всієї системи.

С...	Имя	Обозначение	Единица измерен...
	Текст фильтра	Текст филь...	Текст фильтра
[-]	FE		
	FE[1]	%IW0.1.5	м3/год
	FE[2]	%IW0.1.6	м3/год
[-]	LE		
	LE[1]	%IW0.1.0	м
	LE[2]	%IW0.1.1	м
	LE[3]	%IW0.1.2	м
[-]	NM		
	NM[1]	%Q0.4.0	
	NM[2]	%Q0.4.1	
	NM[3]	%Q0.4.2	
[-]	KL		
	KL[1]	%QW0.3.0	%
	KL[2]	%QW0.3.1	%
	KL[3]	%QW0.3.2	%
[-]	Mis		
	Mis[1]	%Q0.4.3	
	Mis[2]	%Q0.4.4	
	GE1	%I0.2.1	
	TE1	%IW0.1.3	С
	PE_tr	%IW0.1.4	кПа
	KM6	%Q0.4.5	
	Shasi7	%Q0.4.6	

Рис.6.1. Опис змінних для Scada-системи

## 6.2. Відеокadри дисплейних мнемосхем оператора

На мнемосхемі оператора (рис.6.2) зображена технологічна установка, яка включає різні елементи, необхідні для точного управління процесом. На схемі відображаються основні параметри, такі як температура, рівень рідини в резервуарах та тиск у трубопроводі. Також на схемі показані регулюючі клапани, насоси, які контролюють подачу рідини та її перекачування між резервуарами. Передбачена можливість регулювання витрати аміаку та витрати морозива та

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керування системою охолодження, дозволяє запускати та зупиняти двигун транспортуючої стрічки, забезпечуючи повний контроль над процесом автоматизації, в залежності від спрацювання датчика положення.

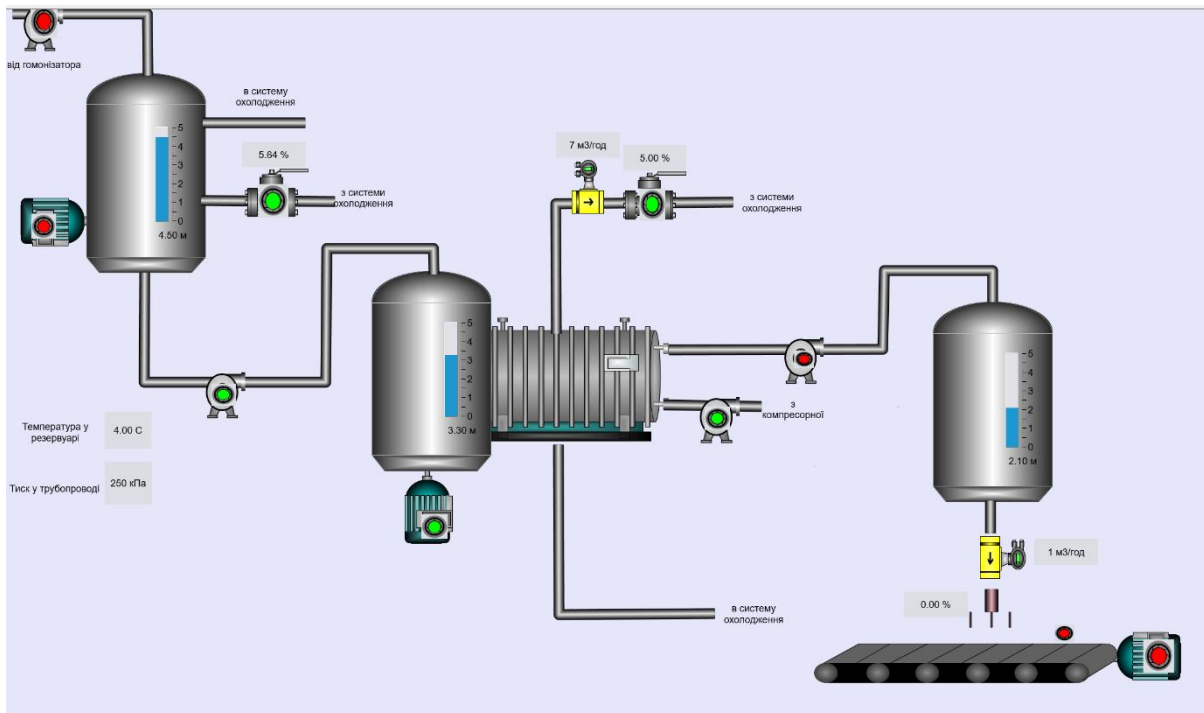


Рис.6.2. Головний екран мнемосхеми оператора

Тренди необхідні для моніторингу і аналізу динаміки змін параметрів процесу у часі. Вони дозволяють операторам і інженерам відслідковувати історичні дані, виявляти тенденції, аномалії та відхилення від нормальних умов роботи. Це сприяє своєчасному прийняттю рішень для оптимізації процесів, підвищення ефективності та запобігання можливим несправностям, забезпечуючи стабільну і безпечну роботу системи.

Діаграма трендів (рис.6.3) відображає динаміку зміни значень двох змінних: температури (Т) у градусах та стану клапана води (KL) у відсотках. Такий інструмент дозволяє операторам бачити, як змінюються ключові параметри процесу з плином часу, що є важливим для прийняття обґрунтованих рішень і забезпечення стабільної роботи системи.

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

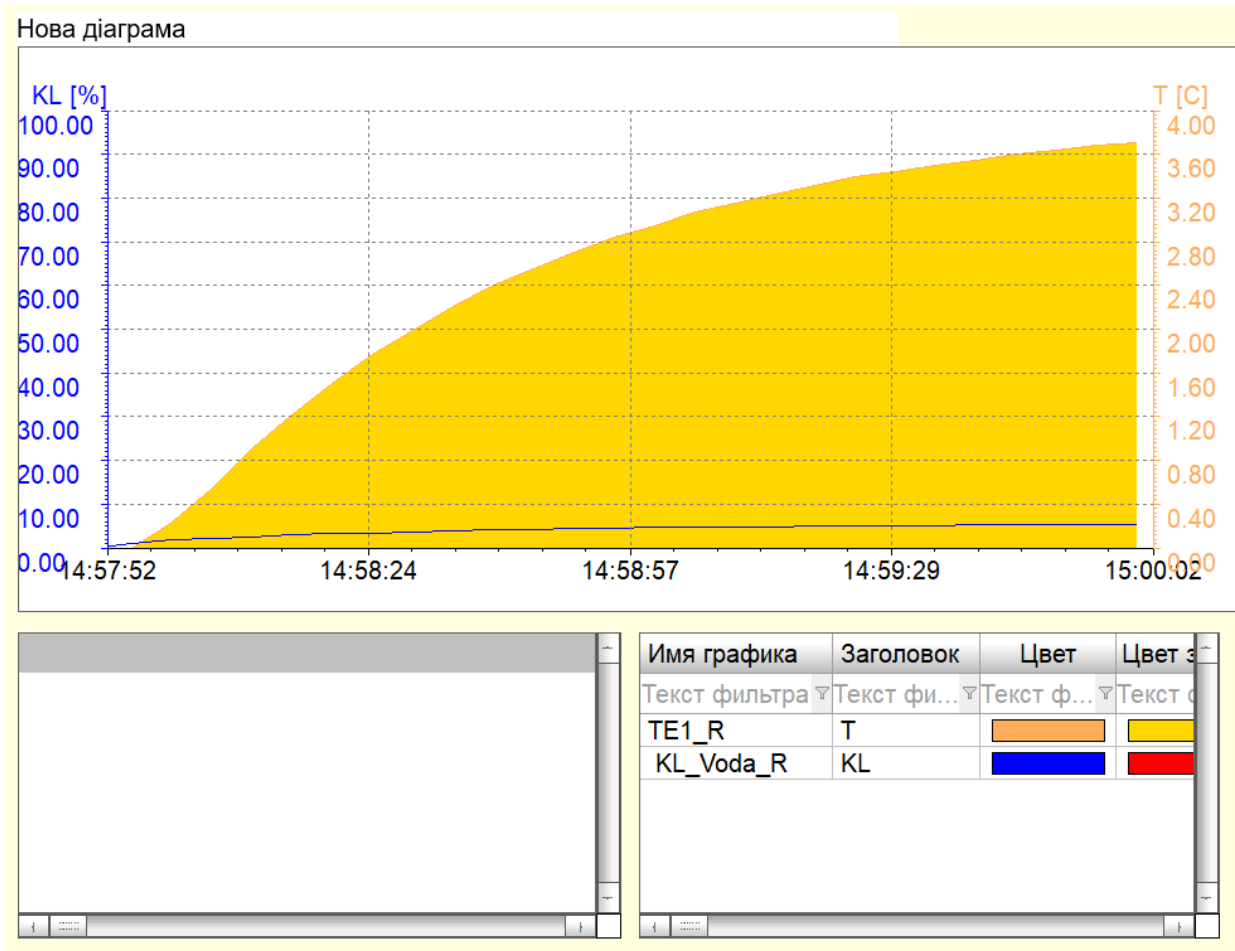


Рис.6.3. Вікно тренду зміни температури в залежності від відкриття клапану регулювання холодної води у резервуарі для дозрівання

## Висновки

В кваліфікаційній роботі розглядався процес автоматизації виробництва морозива у вафельних стаканчиках. Відповідно до завдання було розглянуто та розроблено:

1. Технологічний процес виготовлення морозива у вафельних стаканчиках, згідно процесу складено завдання на розробку.

2. Підібрано потрібні технічні засоби для реалізації системи. Розроблено схему автоматизації процесу виготовлення морозива.

3. Вибрано ПЛК Modicon M340 та модулі розширення до нього, розроблено схему підключення датчиків та виконавчих механізмів до модулів, описано окремий контур регулювання рівня у резервуарі для дозрівання.

4. Зроблено опис радарного рівнеміра Micropilot FMR60, розроблено схему монтажу датчика.

5. Складено алгоритм у вигляді блок-схеми, відповідно до нього, розроблена програма у Unity Pro на мові програмування FBD.

6. Розроблено операторський екран, на якому зображено перебіг процесу з усіма параметрами, використовуючи SCADA Zenon.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. Технічний опис Micropilot FMR60. URL: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5001085/3286/000/00/TI01302FRU\\_0217.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5001085/3286/000/00/TI01302FRU_0217.pdf)
2. Технічний опис iTHERM TM131. URL: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5001120/8050/000/00/TI01373TRU\\_0118.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5001120/8050/000/00/TI01373TRU_0118.pdf)
3. Інструкція по використанню витратомір VX 570. URL: [https://www.cs-instruments.com/cs-data/Bedienungsanleitungen/Instruction%20manuals\\_EN\\_new/Instruction\\_manual\\_VX570\\_EN.pdf](https://www.cs-instruments.com/cs-data/Bedienungsanleitungen/Instruction%20manuals_EN_new/Instruction_manual_VX570_EN.pdf)
4. Інструкція з експлуатації Samson 6116. URL: <https://uk.samsongroup.com/document/e61160uk.pdf>
5. Технічний опис Cerabar PMC11. URL: [https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EDCAFFFE02C18CE528C/TI01133PRU\\_0721-00.pdf](https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EDCAFFFE02C18CE528C/TI01133PRU_0721-00.pdf)
6. Технічний опис Leuze HT3C.S/6-M8.3. URL: <https://leuze.ru/download/pdf/0b61096db2a80fdc254d518469bd469f.pdf>
7. Технологія морозива [Текст]: підручник / Т.Е.Поліщук, І.С.Гудз ; .Вид.,фірма «ИНКОС»-Київ.,2008.-219с.
14. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник [Текст]/ В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
17. Ельперін І.В. Промислові контролери. Частина 2 [Текст]/ І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2012. – 106 с
19. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro. [Текст]/ О.М. Пупена, І.В. Ельперін //Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К. – 2013. – 340с.
21. Zenon. Огляд можливостей. Режим доступу: [https://www.cora-data.com.ua/files/brochures/cat\\_zenon\\_2018\\_web.pdf](https://www.cora-data.com.ua/files/brochures/cat_zenon_2018_web.pdf)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

22. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. —378с.
23. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.—К.: НУХТ, 2014. —274 с.
24. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник/ В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
25. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
26. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій[Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600с.
27. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
31. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
33. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
34. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с. 13. Пупена О.М. 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.
35. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах[Текст]: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

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

36. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO [Текст]: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.

37. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.

38. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

39. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.

42. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст] : монографія/ А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.

43. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А. Заєць, Л.О. Власенко. - К.: ВидавництвоЛіра-К, 2016. – 312с.

44. Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.

46. Системний аналіз складних систем управління. Практикум. [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)

47. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

48. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.

49. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі UnityPro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с. Змін. Арк. № докум. Підпис Дат а Арк. 75Кваліфікаційна робота

51. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст]: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.

52. Кишенько В. Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.

53. Кишенько В. Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500"Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925"Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.

54. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.

55. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. –К. : НУХТ, 2016. — 205 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		