

**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)

«5 » червня 2024 р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Ярослав Смітюх  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«5 » червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

технології»

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

на тему: Розробка системи автоматизації скребкового теплообмінника

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2ск

Руденко Артем Олексійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Сідлецький Віктор Михайлович  
(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 Андрій Мошенський  
(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

Руденку Артему Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації скребкового теплообмінника*

керівник роботи кт.н доц. Сідлецький Віктор Михайлович

(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 «05» 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 Артем РУДЕНКО

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Віктор СІДЛЕЦЬКИЙ

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В даній кваліфікаційній роботі проводиться опис розробки системи автоматизації для скребкового охолоджувача.

Система автоматизації була розроблена на базі новітнього програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК200.

Було розглянуто монтаж датчика температури ТЄРА ТСП ПТ100, у труби скребкового охолоджувача.

За використанням програмного забезпечення UNITY PRO XL було розроблено мнемосхему для автоматизованого робочого місця для оператора.

У кваліфікаційній роботі присутні фотографії з безпосереднього монтажу чи наладки необхідних приладів, які використовуються.

**Ключові слова:** скребковий охолоджувач, хладоген, продукт.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		4

## Annotation

This qualification work describes the development of an automation system for a scraper cooler.

The automation system was developed on the basis of the latest programmable logic controller OVEN PLC200.

The installation of the TERA TSP PT100 temperature sensor in the pipes of the scraper cooler was considered.

Using UNITY PRO XL software, a mnemonic for an automated workplace for the operator was developed.

In the qualification work, there are photos of the direct installation or adjustment of the necessary devices that are used.

**Key words:** scraper cooler, refrigerant, product.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		5

## Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	8
1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2 Розробка завдання на систему автоматизації.....	14
Розділ 2. Система автоматизації. ....	15
2.1 Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО) .....	15
2.2. Схема автоматизації.....	27
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	29
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	30
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) .....	30
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	38
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	39
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.....	42
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК) .....	46
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	50
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	50
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	51
Перелік джерел інформації.....	52

## ВСТУП

Скребковий теплообмінник, призначений для температурної та механічної обробки харчових продуктів різної в'язкості із кристалізацією жирів.

Скребковий теплообмінник широко використовується в лініях для виробництва всіх видів вершкового масла, зневодненого молочного жиру, модифікованих жирів, спредів, маргаринів, паст методом перетворення жирової емульсії з вмістом жиру від 30% до 85%.

Основним процесом в скребковому теплообміннику є процес охолодження.

Охолодження — процес відведення теплоти від охолоджуваного тіла до іншого тіла (середовища), що має нижчу температуру. При охолодженні відбувається передача теплової енергії за допомогою теплового випромінювання, теплопровідності й конвекції.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						7
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

#### Кристалізація

У технологічних процесах отримання деяких кондитерських виробів утворення дрібнокристалічного цукру є позитивним фактором, оскільки консистенція виробів покращується. Однак іноді кристалізація є небажаним явищем, що спричиняє погіршення якості кондитерських товарів. При зацукрованні кондитерських виробів частіше відбувається утворення кристалів сахарози, рідше за глюкозу. Іноді види цукрів у кондитерських виробках не кристалізуються, тому що їх вміст невеликий. Фруктоза не кристалізується через велику її розчинність і нестійкість до високих температур. Також відбувається кристалізація жирів, меду, олії-какао.

#### Загальні відомості про скребковий теплообмінник.

##### Скребковий теплообмінник

Скребковий теплообмінник призначений для делікатної термомеханічної обробки в'язких харчових рідин. Висока ефективність та продуктивність скребкового теплообмінного апарату забезпечується завдяки постійному охолодженню або нагріванню невеликої кількості продукту при великій площі теплообміну.

Скребкові теплообмінні апарати являють собою складну термомеханічну систему, що складається з нерухомого теплообмінника, що має циліндричну форму рухомого валу з центральним або ексцентричним розташуванням щодо трубчастого теплообмінника, плаваючих ножів, закріплених на валу, теплообмінної сорочки, шару теплоізоляції та зовнішньої облицювання.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб		Руденко А.О			Розробка системи автоматизації скребкового теплообмінника	Літера	Лист	Листів
Перевір.		Сідлецький В.М.					8	7
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-2ск			
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						

Процес теплообміну відбувається шляхом передачі холоду/тепла продукту тепло-хладогента, що циркулює в сорочці.

### **Призначення скребкового теплообмінника у харчовій промисловості**

У молочних, м'ясних та деяких інших харчових виробництвах широкого поширення набули циліндричні скребкові охолоджувачі безперервної дії. Вони використовуються для переробки та виробництва таких продуктів, як масло вершкове та кулінарне, жири тваринного та рослинного походження та їх суміші, концентрати вершків, м'ясні рідини (соки та соуси), суміші морозива, маргарини та ін.

Також відомо успішне застосування цього виду обладнання в процесах термообробки при виробництві рубаної яловичини та свинини, м'яса птахів, а також томатної пасти, шоколаду, фармацевтичних кремів, воску та ін.

Варіанти застосування охолоджувачів з поверхнею, що очищається, зв'язані, як правило, з поєднанням процесів інтенсивного нагріву або охолодження (переохолодження), перемішування, гомогенізації, кристалізації перероблюваної сировини.

### **Технологічний план:**

При розробці завдання на систему автоматизації скребкового охолоджувача, необхідно реалізувати наступні контури регулювання, та управління технологічним процесом:

1. Необхідно контролювати тиск у системі, щоб він не перевищував 30бар. Контроль тиску повинен відбуватися шляхом управління приводами модулів.
2. Температура вхідної охолоджуючої рідини контролюється датчиком температури, який встановлено у трубопроводі, на вході у систему. Керування насосом, змінює температуру, яка надходить до системи.

Вона не повинна бути меншим за  $-30^{\circ}\text{C}$ . Також повинно бути керування клапаном охолоджуючої рідини.

3. На вході продукту повинно бути встановлено датчик температури, який контролює температуру вхідного продукту. Якщо температура вхідного продукту вища за  $70^{\circ}\text{C}$ . – сигнальна світлова, та звукова арматури повинні проінформувати оператора про необхідність запуску системи.
4. В трубопроводі переходу між модулем “I” та модулем “II”, необхідно встановити датчик температури, який вразі перевищення межі температури продукту за  $20^{\circ}\text{C}$  – система повинна запустити більше продукту або менше, щоб нормалізувати показники температури продукту в скребковому охолоджувачі.

### **Технічний опис скребкового охолоджувача**

У харчових технологіях відомо використання скребкових охолоджувачів циліндричного, пластинчастого та шнекового типів. Циліндричні охолоджувачі найбільше широко використовуються в харчових технологіях. Вони являють собою пристрої типу «труба в трубі» зі скребковою (ножовою) мішалкою і розрізняються за конструктивними параметрами циліндрів (довжиною та діаметром), за кількістю циліндрів та мішалок, за кількістю скребків у мішалок.

Циліндри в цих охолоджувачах переважно мають горизонтальне розташування, послідовне горизонтальній або вертикальній площинах. На вітчизняних промислових технологічних лініях при переробці високожирних вершків у вершкове масло використовуються, як правило, маслоутворювачі циліндричного та пластинчастого типів зі скребковими мішалками.

Так, при виробництві вершкового масла таке обладнання називається циліндричним маслоутворювачем.

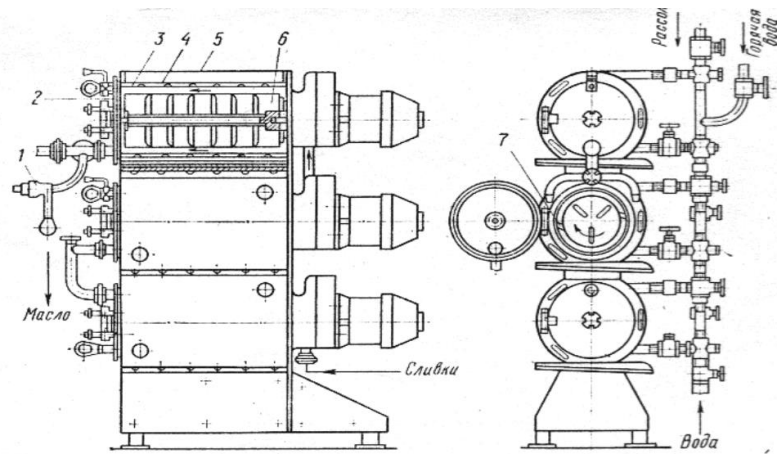


Рисунок 1.1.1 – Схема скребкового теплообмінника.

Маслоутворювач складається з робочих циліндрів 5 з індивідуальними електроприводами 8. У кожному робочому циліндрі знаходиться продуктивний циліндр 3, в якому є витіснювальний барабан 6 зі скребковими ножами 7 і сорочка охолодження 4. Високожирні вершки подаються в робочі циліндри 5 масло-утворювача насосом і, проходячи по кільцевому простору між стінками продуктового циліндра 3 і витісного барабана 6, що обертається від приводу 6 зі скребками 7, охолоджуються.

Зовнішній вигляд скребкового теплообмінника показано на рисунку 2.



Рисунок 1.1.2 – скребковий теплообмінник

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

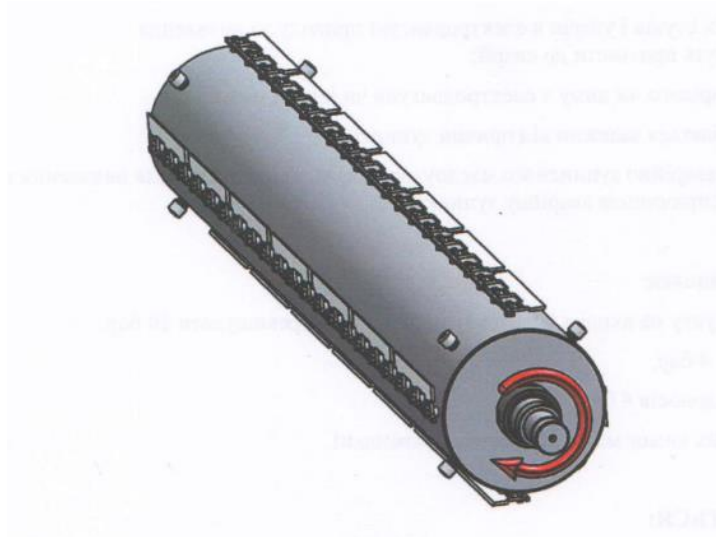


Рисунок 1.1.3 – Скребокний модуль (ніж)

Ефективність теплопередачі забезпечується за рахунок постійного зрізання шару приповерхневого продукту зі стінок теплообмінника і перетворення продукту в однорідну масу.

Скребокний теплообмінник змонтований на рамі, складається з уніфікованих теплообмінних модулів, системи трубопроводів Рама виготовлена з нержавіючої профільної труби, зовні з боків закрита дверними панелями з нержавіючої сталі.

Рама встановлена на гвинтових опорах, які дають змогу регулювати положення маслоутворювача по висоті. Теплообмінний модуль складається з витіснювального барабана (ротора) у комплекті скребокними ножами, передньої та задньої кришок, моторредуктора.

На рисунку 4 показано скребковий теплообмінник без захисної кришки.



Рисунок 1.1.4 – скребковий теплообмінник без кришки



Рисунок 1.1.5 – привода скребкового теплообмінника

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.2

№	Машина, 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	2	3	4	5	6	7	8
1	Тиск у системі	Вихід продукту (трубопровід)	27-33бар	Управління	Стан	Вплив на двигун М2 та М3.	
2	Температура охолоджуючої рідини	Трубопровід входу охолоджуючої рідини	>-30°с	Управління	Стан	Вплив на насос охолоджуючої рідини М3, та клапана 2д.	
3	Температура продукту	Трубопровід вводу продукту	>70°с	Управління	Стан	Ввімкнення звукової НS, та світлової НL сигналізації.	
4	Температура після модуля "Г"	Проміжний трубопровід	>20°с	Управління	Стан	Вплив на насос продукту М4.	

## Розділ 2. Система автоматизації

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

#### Вимір температури

Для вимірювання температури продукту, та вимірювання температури пропіленгліколю, використовуються датчики температури ТЭРА ТСП 3-53-РТ100 (рис. 2.1)



Рисунок 2.1.1 – датчик температури ТЭРА ТСП 3-53-РТ100

					Кваліфікаційна робота		
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Літера	Лист	Листів
						15	15
Розроб		Руденко А.О.			Розробка системи автоматизації скребкового теплообмінника		
Перевір.		Сідлецький В.М.					
					НУХТ АК-4-2ск		

Модель ТСП - один з найпоширеніших конструктивів датчиків температури з рухомим штуцером і клемною головкою.

Застосовується для вимірювання температури рідких, газоподібних і повітряних середовищ.

Може постачатися у комплекті з зовнішньою гільзою та бобишкою. У клемній головці може вбудовуватися перетворювач сигналу в 4-20 мА або RS485.

**Таблиця 2.1**

<b>ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>					
Тип	НСХ	Робочий діапазон, °С	Схема з'єднання Тип спаю	Відн. похибка Клас допуску	Показник теплової інерції, с
ТСМ	50М, 100М	-50...150	2, 3, 4, 2x2	В	15 (6 мм), 20 (8 мм), 25 (10 мм)
ТСП	Pt100, Pt1000	-100...250, -50...250, -50...500		АА, А, В	
	50П, 100П	-100...250, -50...250, -50...600		В	
ТСТ	10kNTC	-40...120, -20...200		2	
ТП	DS18B20	-30...100	3	0,5°С	
ТЖК	J	-40...250, -40...500	I, 2I, H	1, 2	10 (6 мм, H), 20 (6 мм, I), 15 (8 мм, H), 25 (8 мм, I), 20 (10 мм, H), 30 (10 мм, I)
ТХК	L	-40...250, -40...600		2	
ТХА	K	-40...250, -40...500, -40...800		1, 2	
<b>Матеріал захисної арматури</b>			<b>Тип клемної головки</b>		<b>Виконання Ехіа</b>
Н/ж сталь 12Х18Н10Т (н/ж сталь AISI 321)			Стандартно - В, на замовлення - А, Д, ВХ		3 клемною головкою ВХ
<b>Кріплення</b>		<b>Матеріал штуцеру</b>		<b>Макс. тиск, МПа</b>	
Рухомий штуцер М20 х 1,5 або G1/2 з мідною шайбою		Стандартно - сталь 30, никелеве покриття, на замовлення - н/ж сталь 12Х18Н10Т (н/ж сталь AISI 321)		6,3	

**Застосування датчика температури:**

- Датчик температури має універсальний діапазон застосування;
- Діапазон вимірювання температури від -100 до 250 °С;

- Ступінь захисту датчика типу “В” - IP 67;
- Матеріал датчика – сталь;
- Чутливий елемент – платина;
- Максимальний тиск – 6.3Мпа;

**Принцип вимірювання температури:**

Дані термометри використовують чутливий елемент Pt100.

Датчик температури включає платиновий резистор, чутливий до температури, має опір 100 Ом чутливого елемента при температурі 0°C та з температурним коефіцієнтом  $\alpha = 0,03851^\circ\text{C}$ .

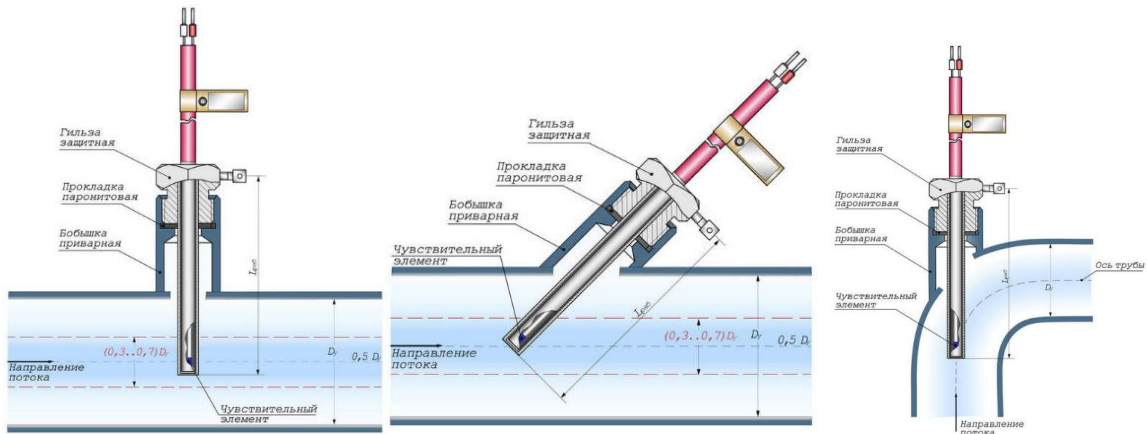


Рисунок 2.1.2 – Спосіб монтажу датчика температури ТЕРА ТСП



Рисунок 2.1.3 – Датчик, який вмонтований в трубу скребкового охолоджувача.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## Вимірювання тиску

Для вимірювання тиску було обрано НРТ601 Датчик тиску з плоскою мембраною. (Рис. 2.1.4)



Рисунок 2.1.4 - НРТ601 Датчик тиску з плоскою мембраною.

### Застосування датчика тиску:

НРТ601 - це датчики тиску з плоскою мембраною. Вони використовують ядро GE, імпортоване з США. Усі технологічні з'єднання датчика тиску промивання є виготовлені з нержавіючої сталі, повністю зварені та ізолюють процес середовища від приладу для вимірювання тиску.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Надійне ущільнення між процесом без мертвого простору таким чином забезпечується з'єднання та середовище вимірювання.

Завдяки оптимізованому дизайну з'єднання для промивання забезпечує можливість очищення завдяки вбудованій зволоженій діафрагмі. Невибагливий у обслуговуванні та безвідмовний тиск Таким чином, вимірювання гарантовано в складних середовищах.

Він був спеціально розроблений для вимірювання в'язких, пастоподібних, адгезивних, кристалізуючих частинок, що містять і забруднене середовище, яке може закупорити напірний канал звичайні технологічні з'єднання.

Ця модель може застосовуватися для наступних середовищ:

1. рівня води в будівлі та офісі;
2. міське водопостачання;
3. харчова промисловість;
4. нафтопереробний завод;
5. металургія;
6. каналізація;

-Забезпечується надійне ущільнення технологічним з'єднанням і вимірювальним середовищем.

-Для санітарних додатків або CIP (Clean-in-Place).

-Діафрагма з нержавіючої сталі 316L, зварна конструкція корпусу SUS304.

-Доступні індивідуальні діапазони тиску.

-З'єднання для промивання зменшує верогідність забивання.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## Таблиця з технічними даними:

### Технічні дані

Діапазон	0~20 бар...600 бар за бажанням
Вихід	4-20 мА, 0-5 В, 0-10 В, 0,5-4,5 В, RS485 Modbus RTU, SDI-12...
Точність	0,5% FS або 0,25% на замовлення
Блок живлення	7-30 В постійного струму, 8-30 В постійного струму, 13-30 В постійного струму
Напірний порт	G1/2 " ,G1 " ,M20*1.5 зовнішній зажим Ф50 мм
Робоча температура	-40 °C ~ 80 °C (некорозійне середовище)
Температурна компенсація	0°C~80°C
Нульова температура Дрейф	0,2% FS/°C ( $\leq 100\text{kPa}$ ) ; 0,1%FS/°C ( $> 100\text{kPa}$ )
FS Temp. Дрейф	0,02% FS/°C ( $\leq 100\text{kPa}$ ) ; 0,01%FS/°C ( $> 100\text{kPa}$ )
Час реакції	$\leq 10$ мс
Сертифікат	CE, RoHS
застосування	Харчова промисловість, сік, молоко, гігієнічні рідини

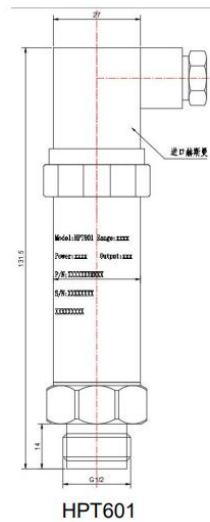


Рисунок 2.1.5 – Габаритний розмір датчика НРТ601.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Лист

20



Рисунок 2.1.6 – Датчик тиску НРТ601 який вмонтовано в трубу скребкового охолоджувача.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## Керування швидкістю двигунів

За керування швидкістю двигунів відповідає частотний перетворювач WEG CFW300 (рис. 2.1.7)



Рисунок 2.1.7 – Частотний перетворювач WEG CFW300.

### Застосування частотного перетворювача:

Частотно-регульований привід CFW300 є високопродуктивним частотно-регульованим приводом для трифазних асинхронних двигунів, що ідеально підходить для застосування на машинах або устаткуванні, що потребують точного керування та простоти експлуатації.

Він відрізняється компактними розмірами, електричною установкою контакторного типу, векторним керуванням WEG (VVW) або скалярним керуванням (V/F), вбудованим інтерфейсом управління (HMI), SoftPLC, безкоштовним програмним забезпеченням для програмування WPS і аксесуарами, що можуть бути додані для забезпечення розширених функціональних можливостей, що робить його гнучким рішенням із відмінною економічною ефективністю.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		22

## Технічні характеристики частотного перетворювача

- Номінальний вихідний струм від 1,1 до 15,2 А, (0,25 к.с. / від 0,18 кВт до 5 к.с. / 3,7 кВт) 100-127 В, 200-240 В або 380 В;
- 4 дискретних входи PNP або NPN, 1 релейний вихід 0,5 А / 250 В змінного струму, 1 аналоговий вхід 0-10 В постійного струму / 4-20 мА
- Клас покриття 3С2 (IEC 60721-3-3) на внутрішній Схеми
- Економія енергії
- Легке встановлення
- Модуль флеш-пам'яті (аксесуар)
- Вбудований інтерфейс керування (HMI)
- Векторний (V/VW) або скалярний (V/F) режими керування
- Вставні модулі: RS485, RS232, CANopen, Profibus-DP, Ethernet, потенціометр, USB, кодер, інфрачервоне випромінювання, розширення входів і виходів, RFI-фільтр.

## Габаритні розміри частотного перетворювача (мм):

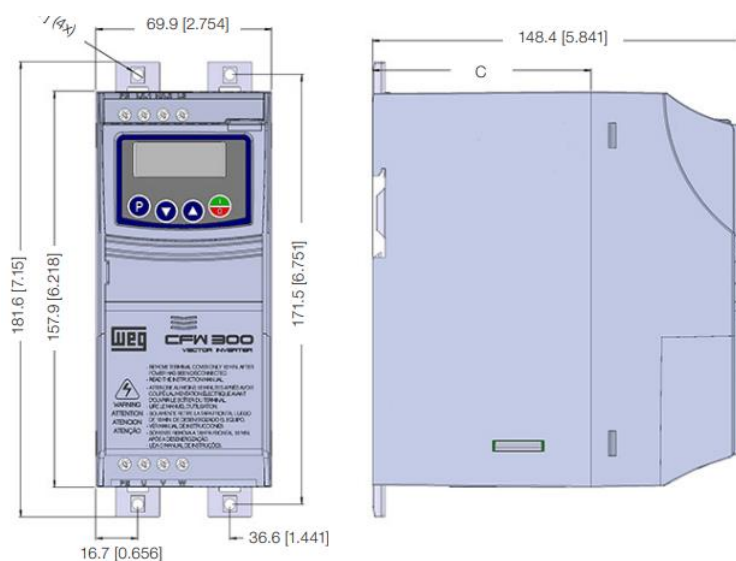


Рисунок 2.1.8 – Габаритні розміри частотного перетворювача WEG CFW300.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата



Рисунок 2.1.10 – Частотний перетворювач, який вмонтовано в щит скребкового охолоджувача.

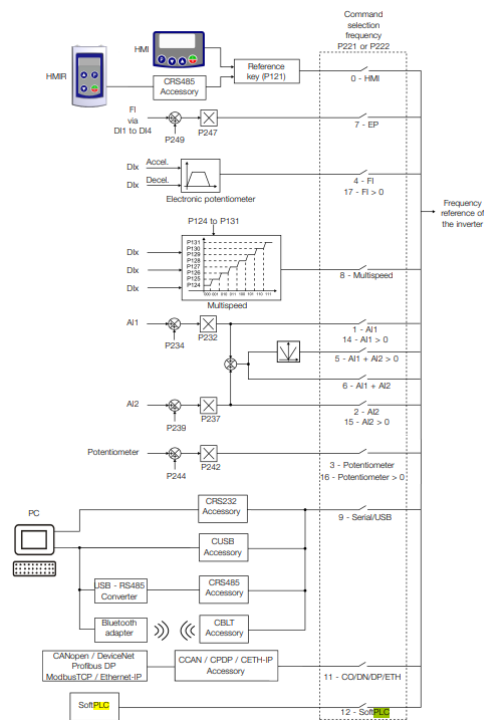


Рисунок 2.1.11 – схема підключення частотного перетворювача у систему Modbus.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## Регулювання вводу продукту

Для регулювання клапаном входу пропіленгліколю, було обрано привод BELIMO SR24A-SR-TP (рис. 2.1.12)



Рисунок 2.1.12 – Привод для клапанів BELIMO SR24A-SR-TP.

### **Застосування модульного приводу для клапанів:**

Цей привід застосовується для кулькових клапанів, він поставляється у пластиковому корпусі, з пластиковим ричагом керування. Він може працювати як і від регуляторів, так і від ПЛК.

### **Технічні данні**

- Крутний момент двигуна 20 Нм
- Номінальна напруга АС/DC 24 В
- Модуляція управління 2...10 В
- Зворотний зв'язок по положенню 2...10 В

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

### Габаритні розміри приводу (мм):

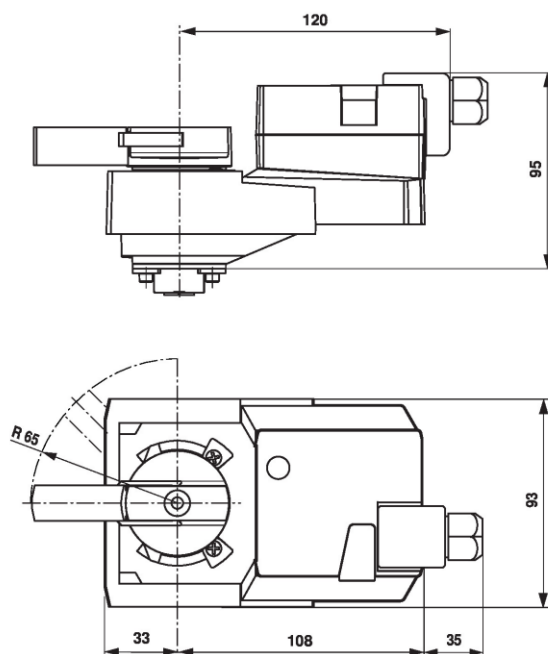


Рисунок 2.1.13 – Габаритні розміри приводу.



Рисунок 2.1.14 – Привод клапану, який вмонтовано в трубу на вхід продукту у скребковий охолоджувач.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## 2.2 Схема автоматизації

Системою автоматизації скребкового охолоджувача передбачено контроль та регулювання температури продукту, та охолоджуючої речовини пропіленліколю. Також системою автоматизації необхідно контролювати тиск у системі. Керування в системі виконується за допомогою клапанів та двигунів, які розгоняють модулі до необхідної швидкості. Дуже важливо мати частотні перетворювачі, щоб плавно регулювати швидкість. Циркуляція охолоджуючої речовини відбувається за рахунок прокачки насосом через систему, та охолодження її за допомогою радіаторів та вентиляторів.

У першому контурі відбувається контроль тиску у систему. На позиції (1а) встановлено аналоговий мембранний датчик Holykell YHN601, який контролює тиск у системі. Тиск не повинен бути меншим за 27бар та вищим за 30бар. Тому при різниці показників, на позиції (1б,1в,) виконується керування частотними перетворювачами WEG CFW300, які регулюють швидкість обертунів двигунів модулів 1 та 2.

У другому контурі відбувається контроль температури вхідної охолоджуючої речовини. На позиції (2а) встановлено у трубу датчик температури ТЄРА ТСП РТ100, для контролю температури. Якщо її температура вище за  $-30^{\circ}\text{C}$ , то включається насос прокачки олоходжуючої речовини за допомогою частотного перетворювача WEG CFW300, який знаходиться на позиції (2в).

У третьому контурі відбувається контроль температури вхідного продукту, за допомогою датчика температури ТЄРА ТСП РТ100, який встановлено на позиції (3а). Контроль відбувається на панелі оператора, та якщо температура вхідного продукту вище за  $70^{\circ}\text{C}$  – то сигнальна звукова,


та світлова арматури інформують оператора про необхідність включення машини.

У четвертому контурі вимірюється температура продукту у машині, на позиції (4а) за допомогою датчика температури ТЄРА ТСП РТ100. Якщо температура продукту вища за 20°C, то вмикається насос подачі продукту, на більш високу швидкість, за допомогою частотного перетворювача WEG CFW300, який знаходиться на позиції (4в), щоб охолодження проходило через 2 модуля, а не охолоджувалось на першому.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		28

### 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.3

№	Познач.	Прилади за місцем	Кільк.
1	1а	Датчик тиску мембранний Holykell НРТ601	1
2	2а, 3а, 4а	Датчик температури ТЕРА ТСП РТ100	3
Прилади у щиті			
3	1б, 1в, 2б, 4б.	Частотний перетворювач WEG CFW300	4
4	HS	Звукова сигналізація 24В	1
5	HL	Сигнальна арматура TY08F червона 24V AC/DC	1
Найменування			
6	I	Модуль 1	
7	II	Модуль 2	
8	M	Двигуни модулів	
9		Насос	



Два порти Ethernet, вбудовані в контролер, і брендмауер дозволяють використовувати його як шлюз між промисловою мережею і мережею підприємства.

### **Особливості та переваги:**

1. Висока продуктивність Процесор ARM® Cortex-A8 із частотою 800 МГц.
2. Великий обсяг пам'яті: ROM 512 Мбайт (NAND). RAM 256 Мбайт (DDR3). RETAIN 64 Кбайт (MRAM).
3. Підтримка швидких входів/виходів до 95 кгц на виділеному PRU.
4. Ергономічний корпус Кріплення на DIN-рейку або стіну.
5. Знімні клемники з невипадаючими гвинтами, зручна система укладання кабелю.
6. Тумблер Старт/Стоп та роз'єм для MicroSD-карти під кришкою.
7. Комунікаційні можливості Ethernet дає низку переваг:
  - висока швидкість опитування;
  - мультимайстерність;
  - варіативна топологія мережі.
8. Підтримка промислових протоколів Modbus RTU/ASCII/TCP, OPC UA (Server), MQTT (client/broker), SNMP (Manager/Agent).
9. Підтримка протоколів тепло- та електролічильників, можливість реалізації нестандартних протоколів.
10. Підтримка GSM/GPRS-модемів Підтримка прикладних протоколів NTP, FTP, FTPS, HTTP, HTTPS, SSH, SMTP/IMAP/POP3, OpenVPN, WireGuard.
11. Можливість підключення до СУБД MySQL та MsSQL.
12. Вбудований Firewall, підтримка Web-візуалізації CODESYS.
13. Web-інтерфейс для налаштування та діагностики контролера.
14. Експлуатація у тяжких умовах.

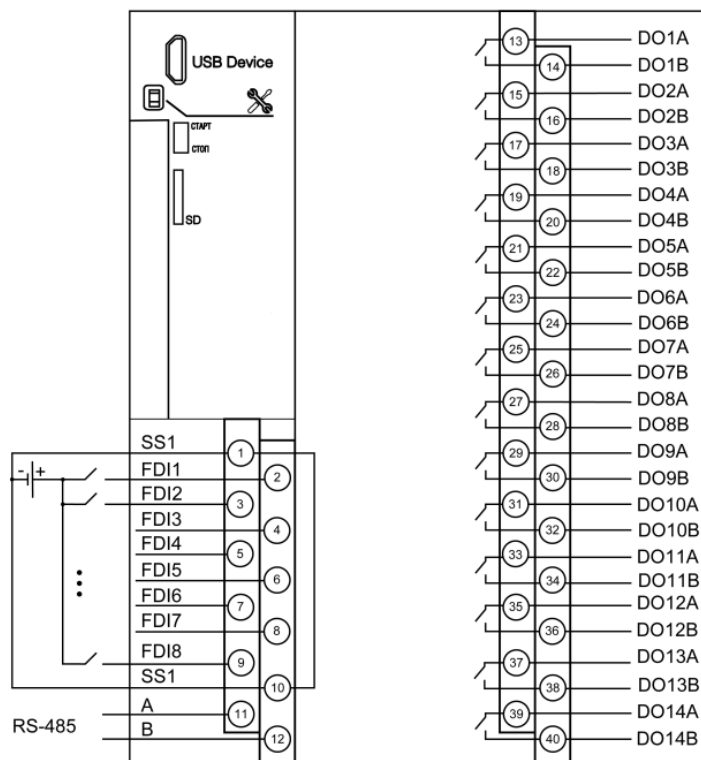


Рисунок 3.1.2 – Схема назначення контактних клем ПЛК.

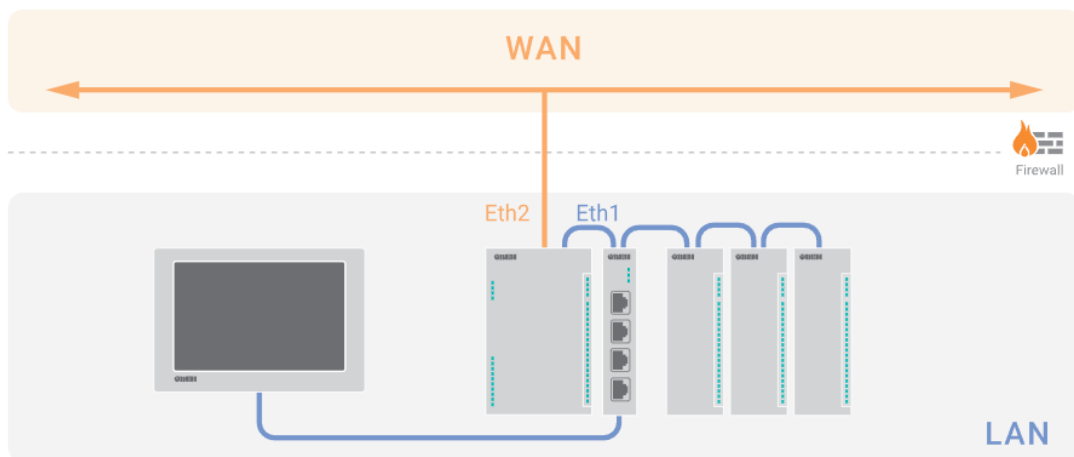


Рисунок 3.1.3 – приклад підключення ПЛК до мережі зв'язку, так панелью оператора.

## Модулі розширення для ПЛК200

В якості модуля розширення для додавання аналогових входів та виходів для ПЛК, було обрано модель ОВЕН МВ210-102, для аналогових входів, та ОВЕН МВ210-502, для аналогових виходів.



Рисунок 3.1.4 – модуль ввідів в універсальним аналоговим входом (AI).



Рисунок 3.1.5 – модуль аналогових виходів (AO)

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

**Опис:**

ОВЕН MB210 – це модулі, призначені для вимірювання аналогових сигналів, перетворення вимірних значень у фізичні значення з подальшою передачею їх у мережу Ethernet.

**Особливості та переваги ОВЕН MB210-102 (AI):**

1. Універсальні аналогові входи для підключення термометрів опору, термопар, датчиків резистивного типу та уніфікованих сигналів струму та напруги
2. Індивідуальна конфігурація для кожного входу
3. Подвійний 2-портовий
4. Ethernet-комутатор
5. Підтримка технології Ethernet Bypass дозволяє передавати дані з одного порту в інший і не втрачати зв'язок з іншими модулями у разі виникнення нештатної ситуації
6. Широкий діапазон робочих температур: -40 ... +55 ° C
7. Безперервний профіль вимірювань у внутрішню пам'ять (архів)
8. Підтримка хмарного сервісу OwenCloud Конфігурування
9. Налаштування модулів Mx210 здійснюється за допомогою конфігуратора, який підтримує роботу з групою модулів та дозволяє оперативно отримати доступ до всіх параметрів.
10. Підключення здійснюється за інтерфейсами Ethernet або USB (роз'єм типу microUSB).
11. При підключенні USB зовнішнє живлення модуля не потрібно.

## Особливості та переваги ОВЕН МВ210-502 (АО):

1. 6 аналогових виходів уніфікованих сигналів 0...20 мА, 4...20 мА, 0...10 В з програмним перемиканням.
2. Подвійний 2-портовий Ethernet-комутатор.
3. Підтримка технології Ethernet Bypass дозволяє передавати дані з одного порту до іншого і не втрачати зв'язок з іншими модулями при відключеному живленні модуля виникненні нештатної ситуації.
4. Широкий діапазон робочих температур: -40 ... +55 °С.
5. Безперервний профіль вимірювань у внутрішню flash-пам'ять (архів).
6. Підтримка хмарного сервісу OwenCloud.

## Конфігурування:

Налаштування модулів Мх210 здійснюється за допомогою конфігуратора, який підтримує роботу з групою модулів та дозволяє оперативно отримати доступ до всіх параметрів. Підключення здійснюється за інтерфейсами Ethernet або USB (роз'єм типу microUSB). При підключенні USB зовнішнє живлення модуля не потрібно.

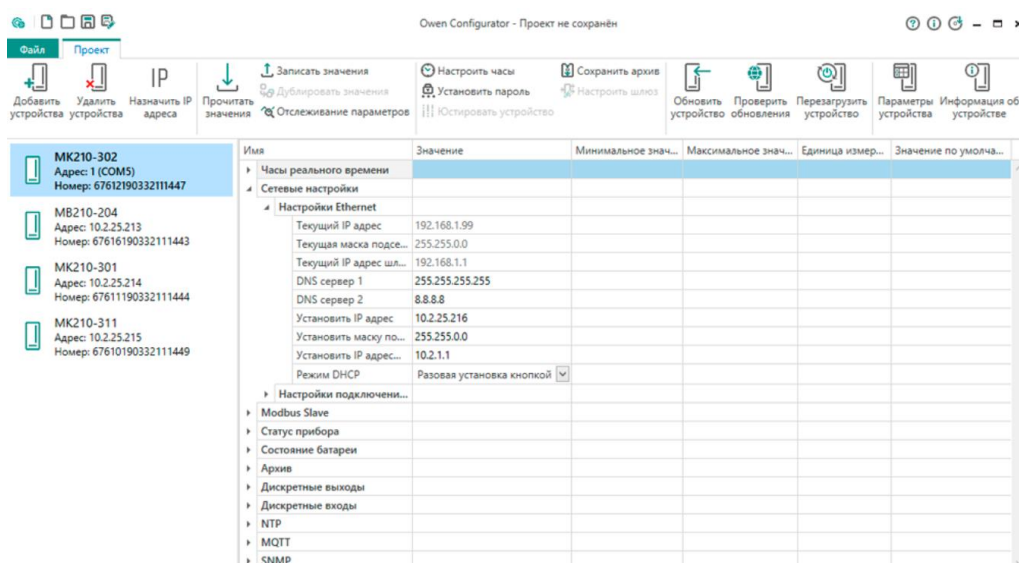


Рисунок 3.1.6 – конфігурування модулів розширення.

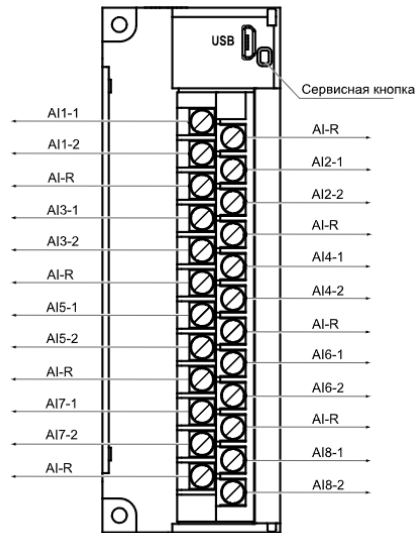


Рисунок 3.1.6 – Схема назначения контактных клем MB210-102 (AI).

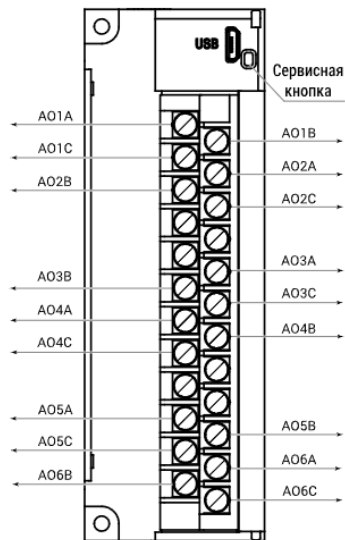


Рисунок 3.1.7 Схема назначения контактных клем MB210-502 (AO).

Изм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Аналогові входи ПЛК служать для введення безперервного сигналу з датчиків та інших зовнішніх пристроїв. Аналогові сигнали поділяються на два типи: сигнали струму (4-20 мА) і сигнали по напрузі (від 0-10 В). Аналогові виходи ПЛК, у свою чергу, служать для плавного керування пристроями.

Аналоговий вихід (analog output, АО, АQ) використовується в ПЛК для керування пристроями та механізмами, що мають аналогове управління: напрямними апаратами, регулюючими клапанами, частотними перетворювачами і т.д.

Дискретний сигнал (лат. discretus – "переривчастий", "розділений") – сигнал, який є переривчастим (у відмінність від аналогового) і який змінюється у часі та набуває будь-якого значення зі списку можливих значень. Список можливих значень може бути безперервним чи квантованим.

Дискретний вхід (DI, digital input) потрібен для введення в ПЛК параметрів, які мають лише два стани: включено чи вимкнено, є сигнал чи ні сигналу. Ці стани задаються рівнем напруги, що подається на DI.

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

Принципова електрична схема автоматичного регулювання включає наступні компоненти:

QF – вимикачі з захистом по струму;

БЖ1 – блоки живлення напругою 24 В постійного струму.

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання застосовувалася наступна нумерація провідників:

800< – провідники з змінним струмом;

900< – провідники з змінним струмом;


0800< – пневматичні лінії живлення;

0200< – пневматичні лінії регулювання;

100< – провідники з вимірювальними сигналами;

200< – провідники з сигналами управління та регулювання

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. Контур подачі хладогену та продукту.

9		Насос
10	31	Хладоген
11	32	Продукт

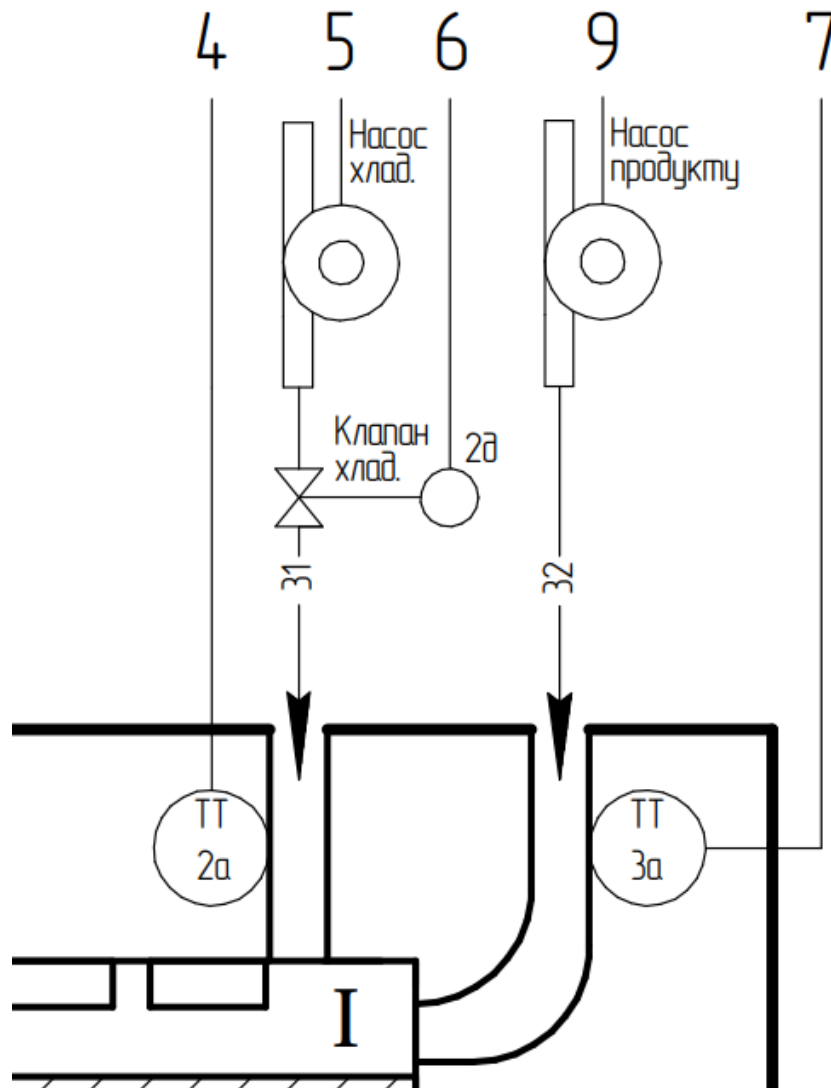


Рисунок 3.3.1 – фрагмент схеми автоматизації контуру входу продукту та хладогену в машину.

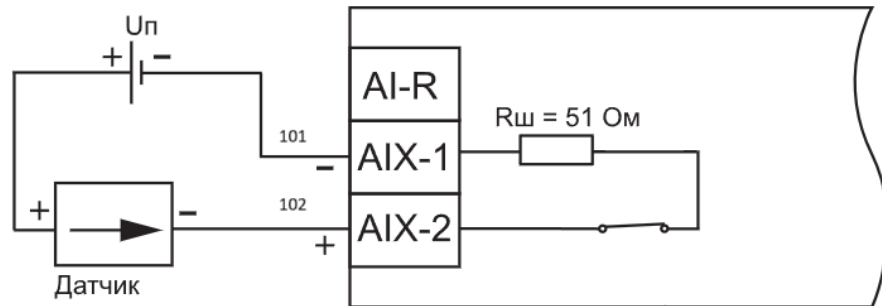


Рисунок 3.3.2 - принципова схема підключення датчика ТСП 4-20мА до модуля аналогового розширення ПЛК.

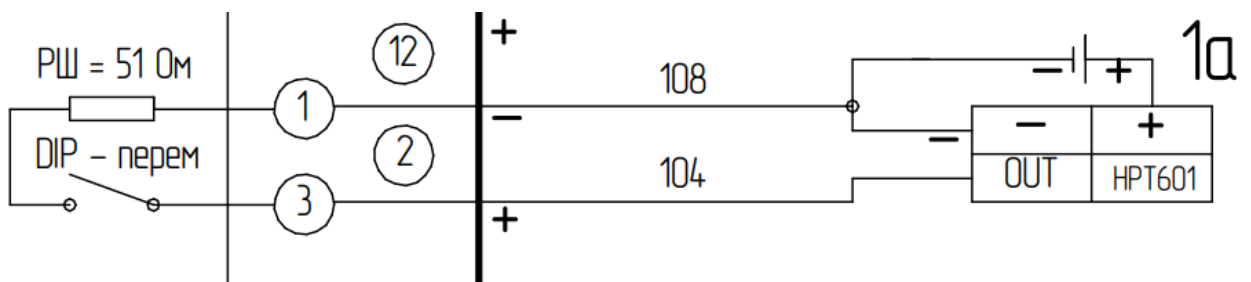


Рисунок 3.3.3 - принципова схема підключення датчика тиску НРТ601 4-20мА до модуля аналогового розширення ПЛК.

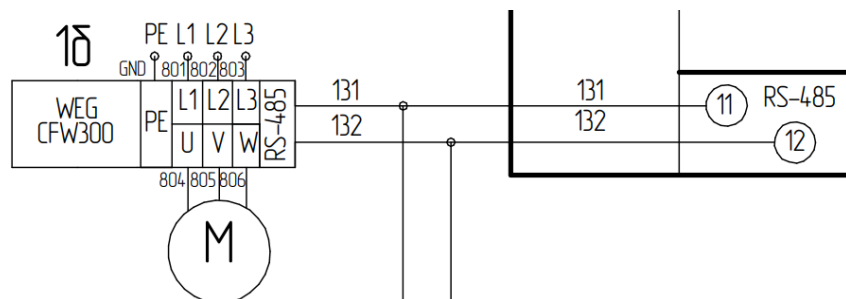


Рисунок 3.3.4 – принципова схема підключення частотного перетворювача WEG CFW300 до ПЛК, та до двигуна.



Рисунок 3.3.5 – підключення датчиків температури та тиску до клемної коробки скребкового охолоджувача.

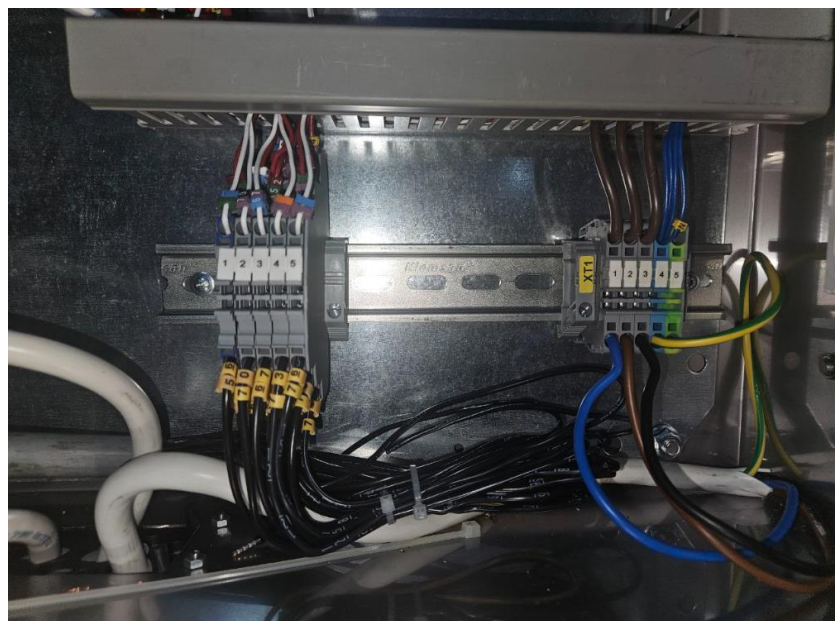


Рисунок 3.3.6 – підключення датчиків температури та тиску до щита скребкового охолоджувача.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Вимірювання температури охолоджуючої рідини, відбувається за допомогою датчика ТЄРА ТСП ПТ100. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 4.1.

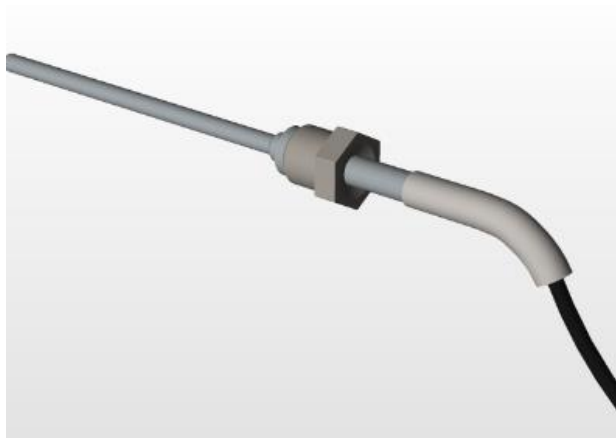


Рисунок 4.1 – датчик температури ТЄРА ТСП ПТ100.

Занурювальні термоперетворювачі Дані термоперетворювачі (далі - ТП) є занурювальними та призначені для вимірювання температури у різних галузях промисловості.

Матеріал захисної арматури ТП – сталь 12Х18Н10Т (крім моделей серії 1-15, що мають латунь-нікельовані) гільзи). Головки ТП можуть бути двох типів: зі склопластику чи алюмінію.

Моделі 1-3 та 1-4 є найпоширенішими стандартні конструктиви

					Кваліфікаційна робота			
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата				
					Розробка системи автоматизації скребкового теплообмінника	Літера	Лист	Листів
							42	4
					НУХТ АК-4-2ск			

для загальнопромислового застосування.

Застосування такої конструкції дозволяє отримати мінімальну інерцію і при Це робить датчик гнучким і практично необмеженим в довжині (до 3 м). Модель виконана у вигляді гвинта М6 або М8 для зручності кріплення.

На рисунку 4.2 зображено характеристика проводу підключення.

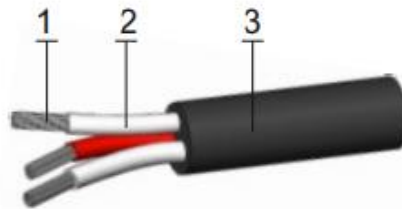


Рисунок 4.2 – провід підключення

1. Провідник - багатожильний посріблений мідний провід.
2. Ізоляція – тефлон MFA.
3. Оболочка – високотемпературний силікон.

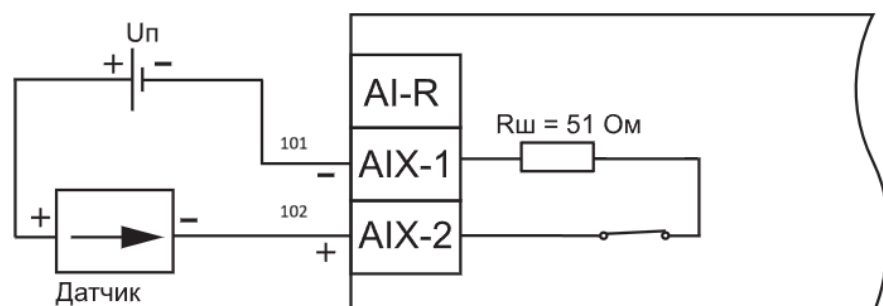


Рисунок 4.3 - принципова схема підключення датчика ТСП 4-20мА до модуля аналогового розширення ПЛК.

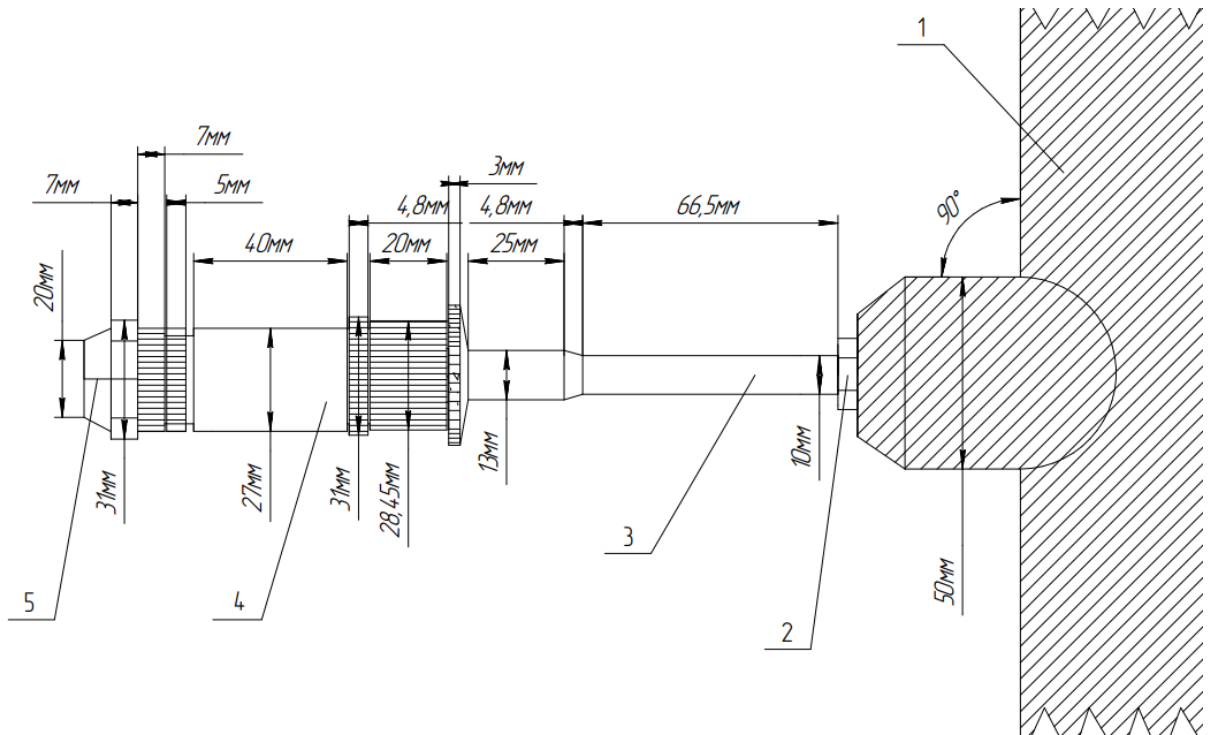


Рисунок 4.5 – схема монтажна датчика, який вмонтовано в трубу охолоджуючої рідини



Рисунок 4.4 – Датчик ТСП ПТ100, який вмонтований в трубу.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата



Рисунок 4.5 – процес підключення датчика ТСП ПТ100, для скребкового охолоджувача.

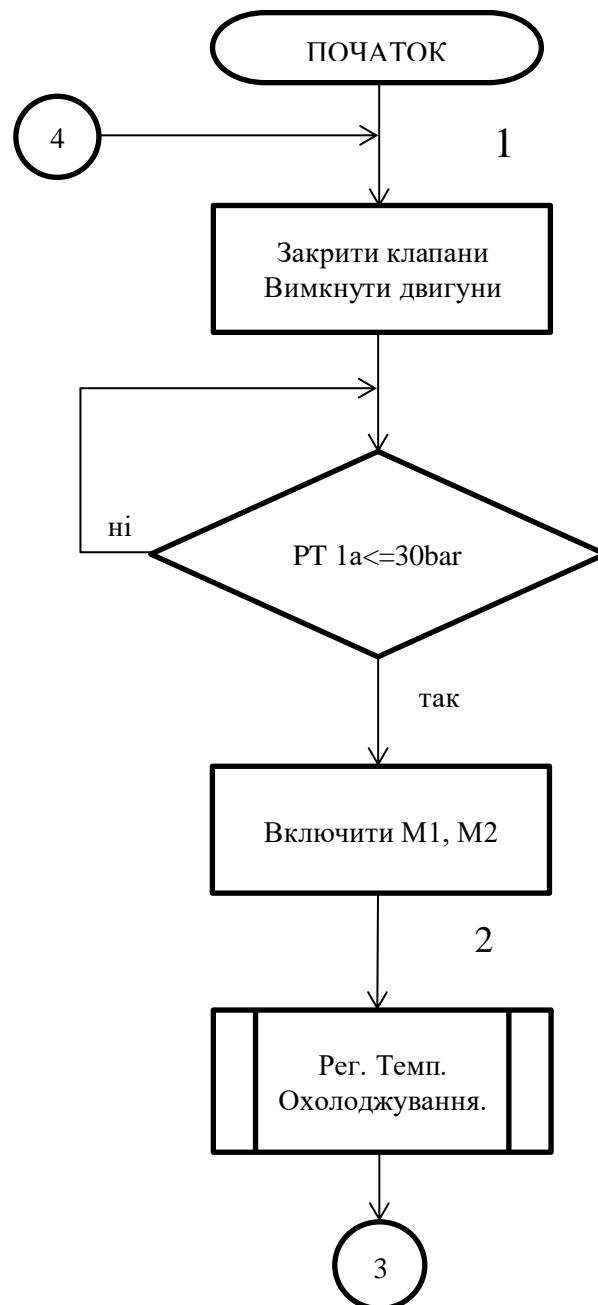


Рисунок 4.6 – підключені та вмонтовані дачики температури для продукту та хладогену.

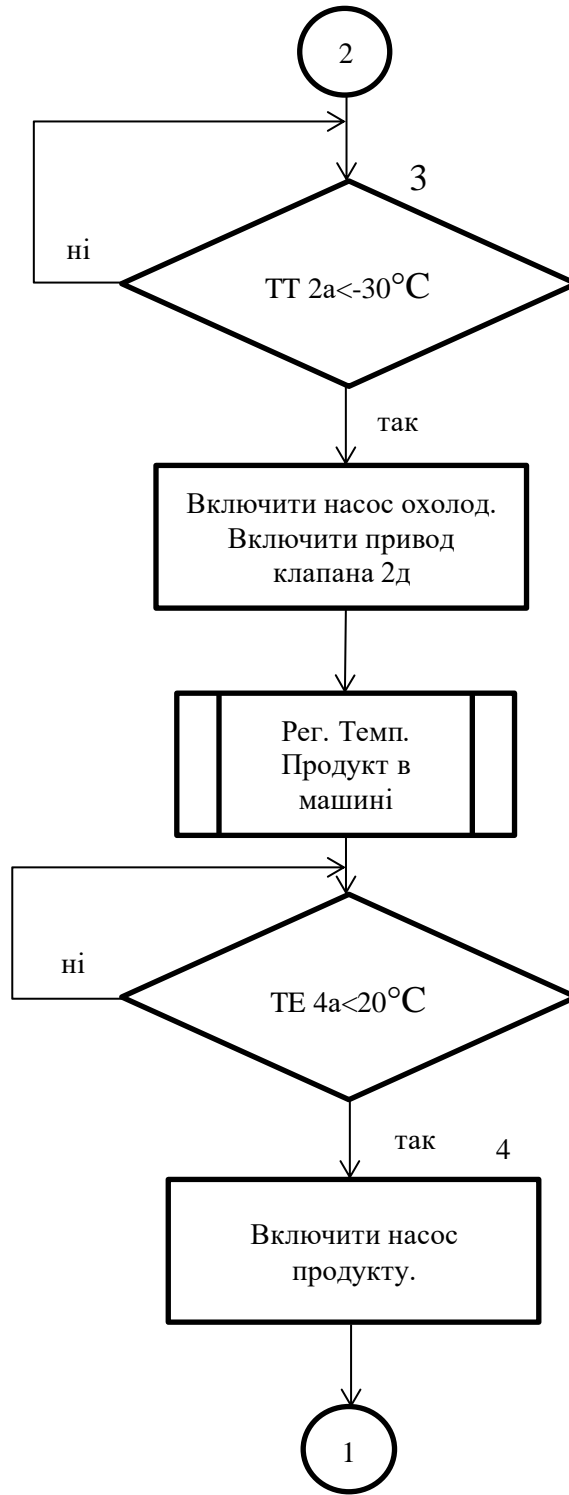
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

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

Проходження процесу автоматизації скребкового охолоджувача:



					Кваліфікаційна робота		
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб		Руденко А.О.			Літера	Лист	Листів
Перевір.		Сідлецький В.М				46	4
					НУХТ АК-4-2ск		
					Розробка системи автоматизації скребкового теплообмінника		



Змінні для ПЛК представлені в табл. 5.1

Таблиця 5.1

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
PT1a	%IW0.1.0	Датчик тиску
TT2a	%IW0.1.1	Датчик температури
TT3a	%IW0.1.2	Датчик температури
TT4a	%IW0.1.3	Датчик температури
M1	%QW0.2.0	Двигун 1
M2	%QW0.2.1	Двигун 2
KL1	%QW0.2.2	Привод 1
NSM1	%QW0.2.3	Насос 1
NSM2	%QW0.2.4	Насос 2

Програма процесу написана на мові програмування ST (Structured Text):

CASE STEP1 OF 0:

IF START THEN KL1:=0.0;

M1:=0;

M2:=0;

NSM1:=0;

NSM2:=0;

PT1A:=0.0;

TT2A:=0.0;

TT3A:=0.0;

TT4A:=0.0;

STEP1:=1;

END\_IF;

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

```
1: IF PT1A<=30.0 THEN
M1:=60;
M2:=60;
NAGR1:=TRUE;
STEP1:=2;
END_IF;
2: IF TT2a<=-30.0 THEN
NSM1:=50;
STEP1:=3;
END_IF;
3: IF TT4A>=20.0 THEN
NSM2:=50;
STEP1:=0;
END_IF;
END_CASE;
```

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Мнемосхема процесу автоматизації скребкового охолоджувача була розроблена в середовищі UNITY PRO XL.

Опис змінних представлено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Ім'я змінної	Адреса	Мін. Вхідне значення	Макс. Вхідне значення	Мін. Значення в од. виміру	Макс. Значення в од. виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
PT1a	%IW0.1.0	0	10000	0	50	INT
TT2a	%IW0.1.1	0	10000	-100	250	INT
TT3a	%IW0.1.2	0	10000	-100	250	INT
TT4a	%IW0.1.3	0	10000	-100	250	INT
M1	%QW0.2.0	0	10000	0	1	BOOL
M2	%QW0.2.1	0	10000	0	1	BOOL
KL1	%QW0.2.2	0	10000	0	1	BOOL
NSM1	%QW0.2.3	0	10000	0	1	BOOL
NSM2	%QW0.2.4	0	10000	0	1	BOOL

					Кваліфікаційна робота		
Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб		Руденко АО			Літера	Лист	Листів
Перевір.		Сідлецький В.М				50	2
					Розробка системи автоматизації скребкового теплообмінника НУХТ АК-4-2ск		

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

На даному зображенні представлено мнемосхему, яка виводиться на екран оператора. Вона служить для контролю за показниками датчиків, їх станом, та станом виконавчих механізмів.

Також є можливість установки параметрів в ручному режимі.

Вигляд цієї мнемосхеми представлено на рисунку 6.2.

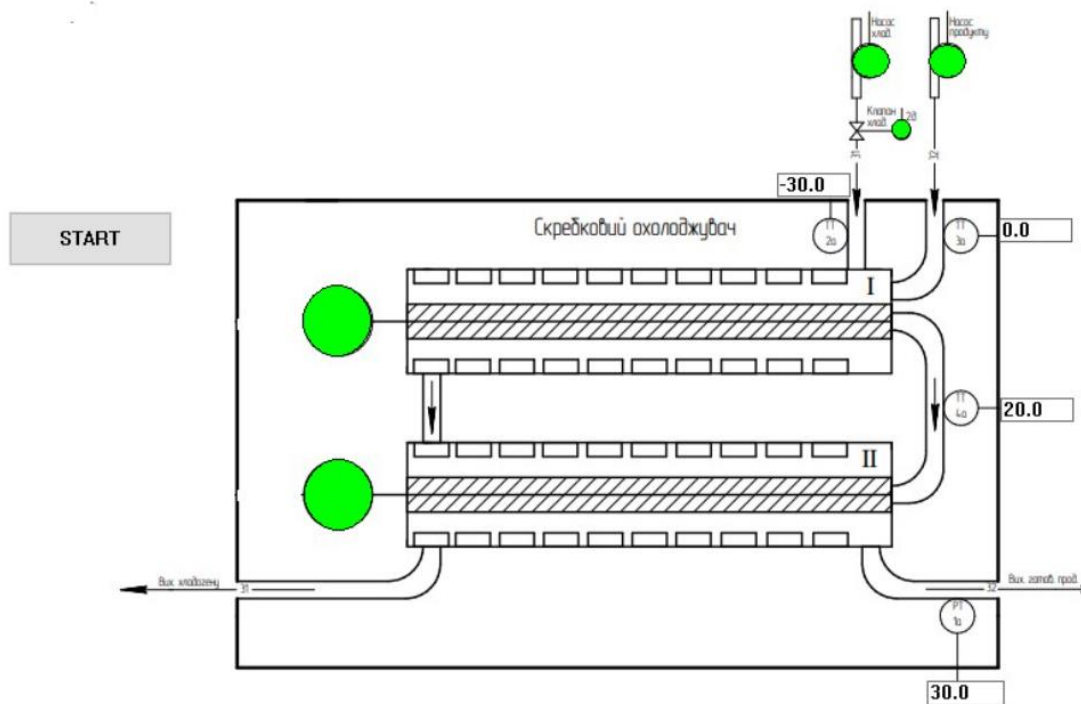


Рисунок 6.2 – загальний вигляд мнемосхеми оператора.

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Гончаренко Б. М., Ладанюк А. П. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник. К.: НУХТ, 2014. 530 с
2. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навч. посіб. - К.: НУХТ, 2003. 320 с.
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації. Навч. пос. К: Видавництво Ліра-К., 2014. 344с.
4. Ельперін, І.В. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 4. / Уклад.: І.В.Ельперін, О.М.Пупена. – К.: НУХТ, 2013. – 96 с.
5. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації / Трегуб В.Г., Видавництво —Ліра-К, 2014. – 344 с.
6. Ларичева, Л.П. Контроль та автоматичне регулювання хімікотехнологічних процесів/Л.П. Ларичева, М.Д. Волошин, О.П. Луценко, Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2015. – 320 с
7. Гончаренко, Б. М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк ; Нац. ун-т харч. технол. - К. : НУХТ, 2014. - 530 с.
8. Левченко, О.І. Об'єкти автоматизації в галузі. Курс лекцій для студ. напр.6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 1. – К.: НУХТ, 2013. – 136 с.
9. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології./Уклад.: к.т.н. Зігунов О.М., к.т.н. Заїка В.І., Барилюк Ю.А., к.т.н. Стеценко Д.О. – С.: СКХП НУХТ, 2020 р. – 37 с.

10. "Порядок виконання і оформлення текстової та графічної навчальної документації" (СКХП НУХТ, 2020 р.). Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. ДП 63 151.099.013.А-ПЗ
11. Сергєєв, М.В. Економіка підприємства. Навчальний посібник. - М. : Фінанси та статистика, 1994. - 304 с.
12. Пупена, О. М. Програмна інженерія в системах управління. курс лекцій для здобувачів освітнього ступеня —Бакалавр спеціальності 151 —Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньо-професійної програми —Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації денної форми навчання / О. М. Пупена ; Національний університет харчових технологій. – Суми: НУХТ, 2021. – 205 с. – № 100.124
13. Програмна інженерія в системах управління . методичні рекомендації до виконання курсової роботи для здобувачів освітнього ступеня —Бакалавр спеціальності 151 —Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньо-професійної програми —Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації денної форми навчання / укладач : О. М. Пупена ; Національний університет харчових технологій. – Суми : НУХТ, 2021. – 20 с. – № 100.123
14. Контролери та їх програмне забезпечення. методичні рекомендації до проведення практичних занять для здобувачів освітнього ступеня —Бакалавр спеціальності 151 —Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / укладачі : І. В. Ельперін, В. В. Полупан ; Національний університет харчових технологій. – С.: НУХТ, 2021. – 28 с. – № 100.116.