

**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)

**«8» червня 2022р.**

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

**«8» червня 2022р.**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

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

на тему: «Розробка системи автоматизації процесу дефекосатурації на цукровому заводі»

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

Бураков Михайло Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Киричук Сергій Андрійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

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

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

Рецензент Загоровська Л.Г.  
(прізвище та ініціали) (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 – 2022 р.

**Національний університет харчових технологій**

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав Смітюх

« 31 » березня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Буракову Михайлу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи автоматизації процесу дефекосатурації на цукровому заводі»

керівник роботи ст. викл. Киричук Сергій Андрійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 31 » березня 2022 р. №163-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 8 » червня 2022 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 31 березня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Бураков М. М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Киричук С. А.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації для процесу дефекосатурації дифузійного соку при виробництві цукру-піску.

В роботі наведено опис технологічного процесу та робота об'єкта управління, розроблена технічна документація, в склад якої входить: завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, конфігураційна схема, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема приладу - радарного рівнеміра Sitrans LR 200, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Алгоритм та програма управління процесами на ділянці розроблені в програмному пакеті Unity PRO XL. Програма розроблена для ПЛК М340 від виробника Schneider Electric. Працездатність та коректність програми було перевірено шляхом емуляції на ПЛК у відповідному програмному забезпеченні, що максимально відповідає реальним об'єктам. Докладно розглянуто варіанти рішень по реалізації системи автоматизації, а також проведено аналіз існуючої та розробленої системи.

Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні Citect2018 R2 та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці. В ході роботи виконано економічне обґрунтування ефективності впровадження системи, а також приведена оцінка рівня автоматизації технологічного процесу в цілому.

**Ключові слова:** цукор-пісок, дифузійний сік, дефекосатурація, ПЛК, М340, Sitrans, мнемосхема, тиск, рН, CO<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, рівень, виконавчий механізм, регулюючий орган, алгоритм.

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

## Annotation

This qualification work is consecrated to the development of an automation system for the process of purification of diffusion juice in the production of granulated sugar.

The work provides a description of the technological process and operation of the control object, developed technical documentation, which includes: tasks for automation system, chart of automation, configuration chart, specification of technical equipments of automation, assembling chart of the radar level measurement device - Sitrans LR 200, connection diagrams of sensors and executive mechanisms to the PLC and expanded connection charts of the hardware.

The algorithm and process control program at the department are developed in the Unity PRO XL software package. The program is designed for M340 PLC from the manufacturer Schneider Electric. The efficiency and correctness of the program was checked by emulation on the PLC in the appropriate software that best matches the real objects. Variants of decisions on realization of automation system are considered in detail, and also the analysis of the existing and developed system is carried out.

The SCADA program interface is developed in the Citect2018 R2 software and the appearance of the display mnemonic chart is presented in the note. In the course of work the economic substantiation of efficiency of introduction of system is executed, and also the estimation of level of automation of technological process as a whole is resulted.

**Keywords:** granulated sugar, diffusion juice, defecosaturation, PLC, M340, Sitrans, mnemonic chart, pressure, pH, CO<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, level, executive mechanism, regulatory authority, algorithm.

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

## Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	22
Розділ 2. Система автоматизації.....	26
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	26
2.2. Схема автоматизації.....	96
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	99
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схем підключення.....	108
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 108	
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	125
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	130
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу.....	138
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	149
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	160
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних до SCADA/HMI.....	160
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	162
Висновок.....	165
Список використаної літератури.....	166

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

## Вступ

Харчова промисловість з кожним роком набуває нових темпів розвитку. Прискоренню прогресу в даній галузі промисловості сприяє автоматизація процесів. Комп'ютери та інша мікропроцесорна техніка, що впроваджені в харчову промисловість, сприяють тому, що в даній галузі використовуються найновітніші, технічно складні автоматизовані системи управління. Саме вони привели до інтеграції в єдине ціле всього виробничого процесу на підприємствах харчової промисловості. У зв'язку з бурхливим розвитком технічних засобів – мікропроцесорної техніки і електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), автоматизація набула широкого технічного прогресу.

Широке впровадження автоматизації виробничих процесів являється одним з вирішальних факторів подальшого технічного прогресу в цукровій галузі. Головна мета автоматизації цукрового заводу або технологічного комплексу - підвищення продуктивності виробництва і зниження впливу людського фактору на якість виготовленої продукції. Під автоматизацією розуміють застосування пристроїв і керуючих машин, які без дій людини здійснюють керування технологічним процесом, підтримують певні параметри на одному рівні або змінюють деякі фізичні величини (витрата, тиск, температура, рівень, якість та ін.), одержують і обробляють інформацію про стан об'єкта і про фактори, які впливають на його роботу.

Автоматизація цукрового виробництва забезпечує якісну і ефективну роботу технологічних дільниць лише у випадку комплексного підходу до вирішення цієї задачі. Цукрове виробництво являє собою послідовність взаємозв'язаних процесів. Процес отримання цукру-піску із буряку включає гідромеханічні, механічні, теплові, дифузійні та інші процеси. Цей процес є безперервним, характеризується високим значенням матеріальних потоків та енергії, складністю масо-теплообміну та великою потужністю виробничих ліній. При розробці будь-яких систем для цієї галузі слід підготувати до автоматизації

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

технологічне обладнання, технологію і вибрати необхідні засоби автоматизації для основних і допоміжних процесів.

Основний і допоміжний технологічні процеси отримання цукру включають дільниці приймання, зберігання, підготовки сировини до переробки, соковидобувне відділення, дільниці очищення та згущення дифузійного соку, дільницю кристалізації та отримання готової продукції, дільниці допоміжного виробництва, зберігання і переробки утфеля.

В даній роботі представлена дільниця дефекосатурації, що є безпосередньою частиною цукрового виробничого комплексу. Первинну орієнтовну складену схему даної дільниці представлено на (рис.1.1). Використовуючи її основні оперативні модулі та частини, без порушення технологічної послідовності та втрати основних операцій із сировиною і продукцією складена нова схема автоматизації.

Оскільки технологічний процес є безперервно-поточним і здійснюється в постійно діючому обладнанні, це означає, що він задовольняє основним вимогам з точки зору автоматизації. Слід зазначити, що при розробці об'єкта або його дільниці, необхідно приділяти велику увагу вибору основних технологічних параметрів (оптимальних та допустимих), відповідно до яких буде здійснюватись керування всіма процесами заданої дільниці. Під час вибору необхідного обладнання слід враховувати різноманітність робочих середовищ та варіативність режимів роботи окремих технологічних засобів.

Стабільна робота обумовлює високі показники роботи технологічного комплексу. Стабілізація потокової продукції дільниці або цеху пов'язана з встановленням обладнання і наявністю енергетичного запасу по регулюючим параметрам. Також слід приділити велику увагу оснащенню інженерно-технічного відділу підприємства необхідними інструментами, засобами вимірювання та обладнанням для ремонту і перевірки систем, підготовку кваліфікованих кадрів для роботи з відповідними системними та технічними засобами.

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

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

Очищення дифузійного соку від нецукрів - це одна з найважливіших стадій технологічної схеми отримання цукру. Від її ефективності якої залежать основні техніко-економічні показники роботи заводу, споживання природних ресурсів, вихідні кількісні та якісні показники цукру-пуску.

Використовувані на ділянці апарати переддефекації, I та II сатурації, дефекації перед II сатурацією і дозрівач соку II сатурації можуть бути змонтовані єдиним комплексом зі збірниками або ж переливними ящиками. Дозування вапняного молока по споживачах, у одній з розповсюджених варіацій технологічного процесу, використовується на стадії переддефекації, холодної дефекації, гарячої основної дефекації і попередньо перед II сатурацією. Проводиться з замкнутого автоматичного контуру подачі вапняного молока з вапняного відділення зі скиданням невикористаного молока назад в вапняне відділення.

Використання новітніх засобів автоматизації, наочність і простота управління технологічним процесом очищення дозволяє легко міняти технологічні режими на кожній стадії очистки соку в залежності від якості сировини, що надходить на завод. Це робить можливим отримати очищений сік II сатурації високої чистоти, з низькою кольоровістю і вмістом солей кальцію при зниженні витрати вапна на очистку на 0,25-0,3 % CaO.

Система забезпечує високу швидкість протікання хімічних процесів на попередній і основній дефекації, освітленні карбонату кальцію на I і II ступенях сатурації з високою питомою поверхнею сорбції та адсорбційною здатністю.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бураков М.М.			Розробка системи автоматизації процесу дефеко-сатурації на цукровому заводі	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А.					9	17
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Згущена суспензія соку II етапу сатурації, що отримується після основної і контрольної фільтрації, повертається до збірної ємності дифузійного соку або подається безпосередньо в трубопровід дифузійного соку після мезголовушок перед збіркою. Далі сік підігрівається до температури 40-50 °С або 50-55 °С (в залежності від рецептури) і направляється в переддефекатор.

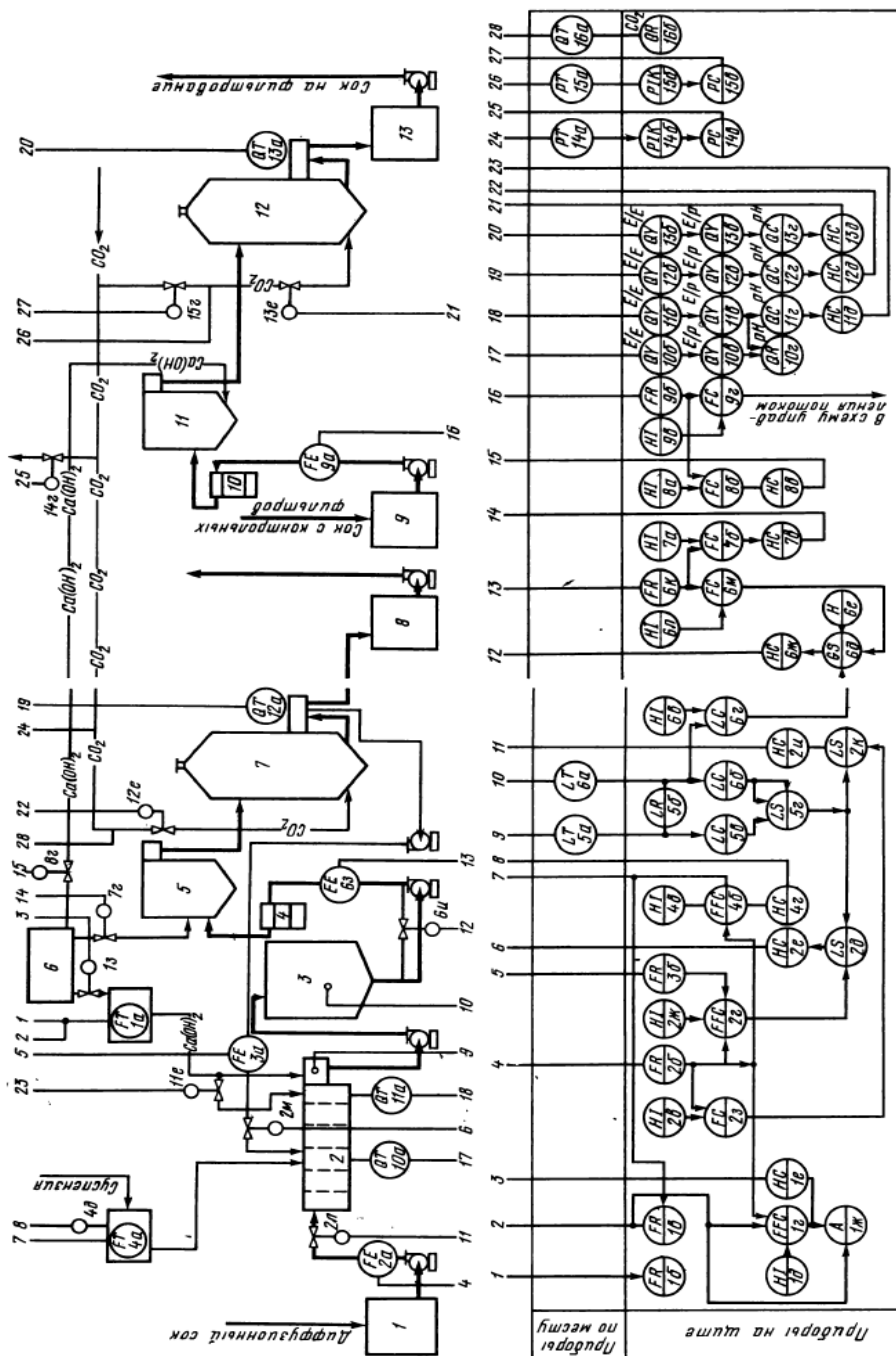


Рис. 2.23. Система управління процесом дефесатурації заводу «Сахавтомат»:  
 1, 8, 9, 13 — зборники соку; 2 — переддефекатор; 3 — холодний дефекатор; 4, 10 — подогреватели; 5, 11 — горячие дефекаторы; 6 — мешалка известкового молока; 7, 12 — сатураторы; 1а, 4а — шелевые дозаторы ПРУ-3; 1б, 16, 1в — вторичные приборы ПК; 1с, 2а, 2б, 4б — регуляторы соотношения ПРЗ-34; 1д, 2в, 2ж, 4в, 6в, 6а, 7а, 8а, 9а — вторичные приборы ППВ-1.5; 1е, 2е, 2и, 4г, 6ж, 7в, 8в — байпасная панель БПДУ-А; 1ж — блок сигнализации ПБФ-35; 1з — запорный орган (затвор); 2а, 2б, 2а, 2б, 3а, 3б, 6а, 6к, 9а, 9б — электромагнитные расхомеры БРИМ; 2д, 2к, 3б, 6б — реле переключения ППР-5; 2а, 6а, 6в, 7б, 8б, 14а, 15а — регуляторы ПРЗ-8; 2а, 2ж, 6и — клапаны 25х430мм; 5а, 6а — пневмометрические уровнемеры ПДУ-34А; 5б, 6б — пневмотумблер ПТ-7; 8г — клапаны ПРУ-1; 10а — 13а — чувствительные элементы ДПГ-4м; 10б-13б — преобразователи П201.2; 10г-13г — регуляторы ПРЗ-31; 11д-13д, 14б, 15б — станции управления СУР; 11е — распределитель известкового молока ПРУ-2; 12а, 12б, 12с — регуляторы ПРЗ-35; 12е, 13а — регулирующие заслонки ПРУ-9; 14г, 15г — запорно-регулирующие заслонки ПРУ-19; 19, 5б, 10г, 10д — вторичные приборы ПК2.2; 14а, 15а — преобразователи ПДУ-40; 16а-16в — газоанализаторы ПП2221М

Рис. 1.1. - Орієнтовна схема автоматизації дільниці об'єкта.

Процес переддефекації проводиться в прогресивному апараті системи Брігель-Мюллера з поверненням в зони мінімальної в'язкості і електропровідності на етапі згущення суспензії або нефільтрованого соку І сатурації, і підлужуванням соку в останній камері вапняним молоком до рН 11,0-11,2. За відсутності приладів для автоматичного вимірювання в'язкості або електропровідності згущена суспензія з фільтрів-згущувачів соку І сатурації подається в другу-третю камери переддефекатора.

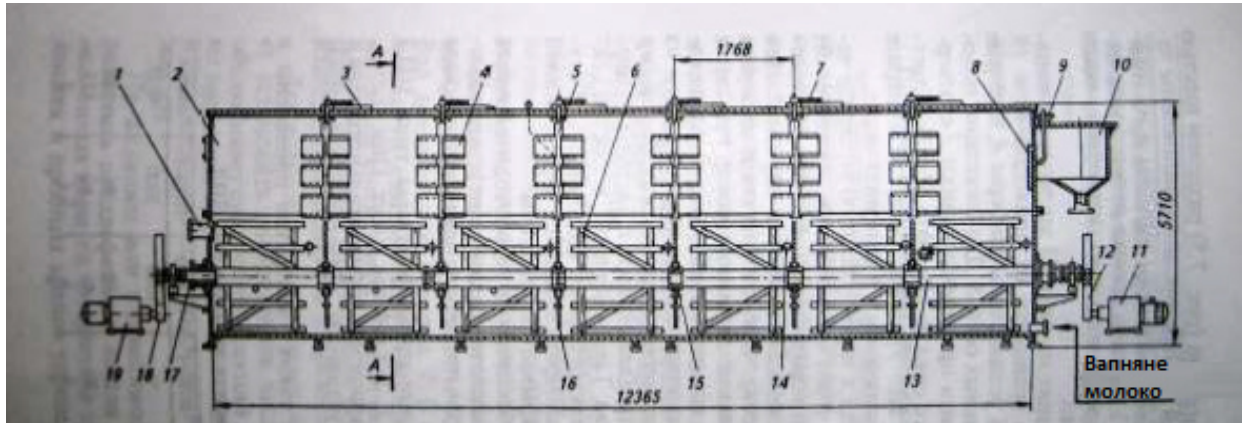


Рис. 1.2. - Загальна переддефекатора системи Брігель-Мюллера.

1-штуцер для підводу соку, 2-секції, 3-планка, 4, 8-шибери, 5-вісь шибера, 6-стійка, 7-важіль, 9-маховик, 10-приймач, 11, 19-моторедуктори, 12, 18-шестерні, 13-вал, 14-штуцер, 15-проміжна опора, 16-перегородка, 17-виносна опора, 20-корпус.

З точки зору автоматизації це реалізовано наступним чином: аналогові клапани для подачі згущення суспензії будуть відкриватися в міру забезпечення плавного наростання рівня рН і лужності від камери до камери. Якщо в першій камері переддефекатора величина рН не досягає 8,5, то слід додати кількість введеної суспензії соку І сатурації в другу або третю камери.

Кількість суспензії соку І сатурації додається в автоматичному режимі пропорційно кількості дифузійного соку, відкачуваного з дифузійної установки. Загальний вміст твердої фази в соку, що надходить з переддефекатора, і визначається титруванням соку за змішаним індикатором, має перебувати в межах 0,8-1,0% СаО.

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

Додавання вапняного молока реалізується пропорційно масі дифузійного соку, відкачуваного з дифузійної установки, з корекцією по значенню рН, визначеному лабораторією заводу в залежності від якості буряка.

Тривалість основної дефекації встановлюється в залежності від вмісту редуруючих речовин в дифузійному соку, температури проведення процесу і рівня соку в апараті. Час перебування соку в апараті можна регулювати в межах 20-40 хв.

Після апарату холодної дефекації сік насосом подається на підігрівач, де підігрівається до температури 85-90 °С, потім проходить статичну мішалку, де змішується з заданою кількістю вапняного молока, і надходить в апарат гарячої дефекації.

Апарат (основної) гарячої дефекації складається із зовнішнього і внутрішнього циліндра. Зовнішній циліндр має нижню конічне днище, а внутрішній циліндр має верхню конічну частину для виходу соку з апарату. Сік після змішувача подається в дефекатор тангенціально в трьох точках у зовнішній циліндр. Завдяки такому підводу сік утворює спіраль навколо внутрішнього циліндра, рух якої під дією сили тяжіння направлено вниз. Починаючи від конусного днища сік змінює свій напрямок і піднімається вгору по внутрішньому циліндру, де швидкість висхідного потоку значно вище швидкості зайвих часток. Важкі часточки (пісок) осідають в конусі, звідки відводяться через продувну комунікацію в збірник нефільтрованого соку I сатурації. Вихід соку здійснюється через конічну верхню частину внутрішнього циліндра або двох виходів, розташованих на різних висотах. Залежно від точки виходу соку тривалість перебування соку в дефекаторі може змінюватися в межах від 6 до 20 хв.

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

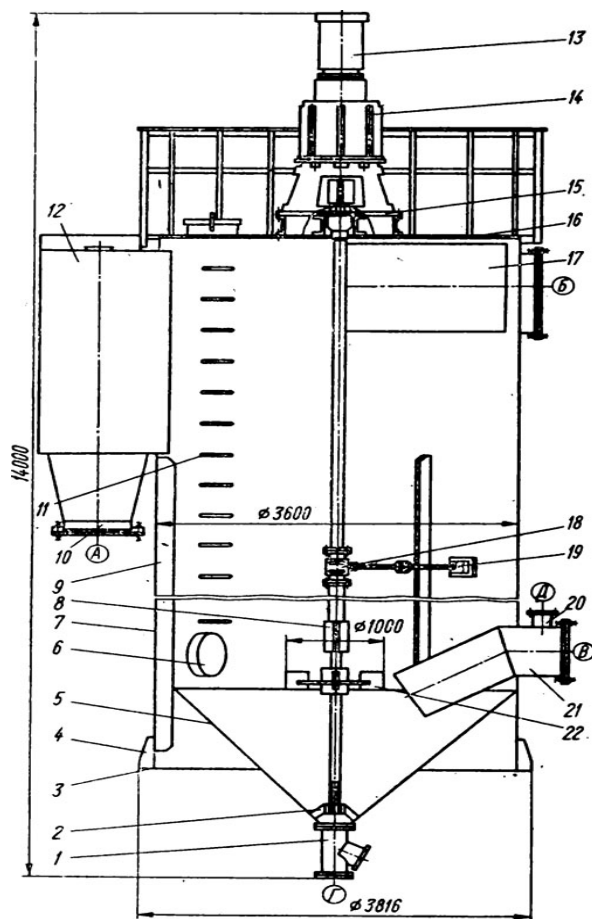


Рис. 1.3. - Загальна будова апарату основної дефекації типу ОД.

1-кутовий вентиль, 2-вертикальний підшипник, 3-фланець, 4-нижня частина корпусу, 5-конічне днище, 6-люк, 7-циліндричний корпус, 8-продольна муфта, 9-контрлопаті, 10-патрубок, 11-скоби, 12-переливний ящик, 13-електродвигун, 14-редуктор, 15-укріплена рама, 16-горизонтальна кришка, 17-желоб, 18-проміжний підшипник ковзання, 19-центруючі тяги, 20, 21-патрубки, 22-лопатева мішалка.

I і II сатурація здійснюється в апаратах, оснащених ерліфтом (циркуляційним стаканом), який забезпечує багаторазову внутрішню циркуляцію соку. Введення сатураційного газу і його розподіл здійснюється від колектора по трьом паралельно розташованим трубопроводам через шліци, які рівномірно розподілені по поперечному перерізу напямної труби.

Щоб шліци для виходу газу не забруднювалися, вони очищаються спеціальним обертовим очисним пристроєм. Кожна розподільна труба оснащена очисним пристроєм, який приводиться в рух від електродвигуна.

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

Дефекований сік надходить в циркуляційний стакан і змішується з сумішшю газу з соком. За рахунок різниці по щільності соко-газової суміші в направляючій трубці і соком в зовнішньому кільці, забезпечується 20-ти кратне перемішування соку в казані I сатурації. Кратність циркуляції соку в казані II сатурації близько 300%, і в залежності від витрат вапна на дефекацію перед II сатурацією, може підвищується.

Рівень соку в казані I сатурації становить 5-6 м, в котлі II сатурації - 4-5 м. Подача сатураційного газу регулюється автоматично залежно від вихідного рН на рівні значень: 11,0 - 11,2 для I сатурації і 9,0 - 9,2 для II сатурації в залежності від оптимальної лужності для соку II сатурації.

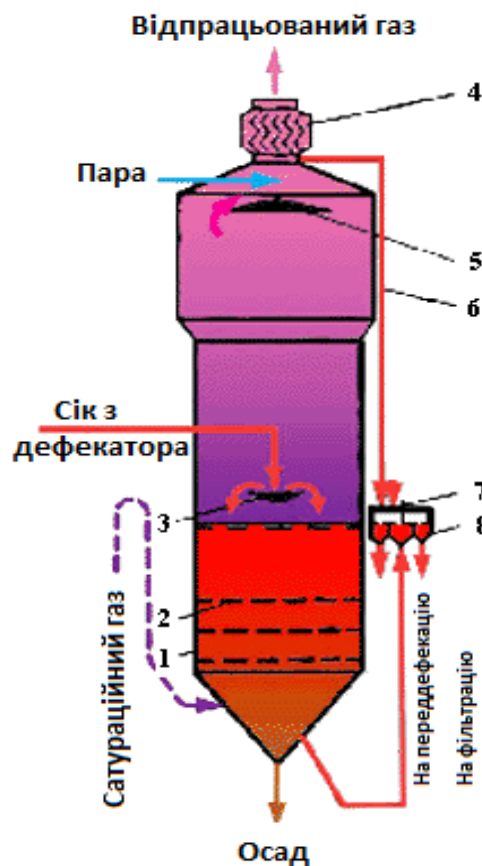


Рис. 1.4. - Загальна будова сатуратора.

1-корпус апарату, 2-решітчасті перегородки, 3-розподільча тарілка, 4-сепаратор, 5-роздільна перегородка, 6-трубопровід, 7-рухомий щиток, 8-контрольний ящик.

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

Після фільтрації, за однією з рецептур, сік I сатурації нагрівається до температури 90-95 ° С і направляється на дефекацію перед II сатурацією. Сюди подається 0,3-0,4 % СаО відносно витраченого соку, що забезпечує додаткове розкладання амідів і редукуючих речовин. В процесі II сатурації утворюється карбонат кальцію, що забезпечує адсорбцію до 30% розчинних солей кальцію і фарбувальних речовин.

Апарат II сатурації також оснащений циркуляційним контуром, що складається з насоса і розпилювальних форсунок, що підвищує ступінь утилізації газу. В результаті часткової карбонізації вапна (ступінь карбонізації 25-30%), що міститься в соку, утворюються вуглекальцієвий сахарат з високою адсорбційною здатністю, що призводить до додаткової адсорбції барвників і солей кальцію. Таким чином відбувається процес сорбції високомолекулярних сполук і речовин колоїдної дисперсності.

Сік II сатурації по петльовій комунікації надходить в дозрівач з внутрішнім циркуляційним контуром. Час перебування соку в апараті - 15 хв. Сік надходить в дозрівач через внутрішній циркуляційний контур, який являє собою трубопровід з верхнім розширником для збільшення циркуляційного потоку. У верхній частині циркуляційної труби розташована лопатева мішалка. Мішалка забезпечує 10-15 кратну циркуляцію соку в дозрівачі.

Як відомо, утворюваний в процесі II сатурації, карбонат кальцію в присутності сахарози і амінокислот, схильний давати пересичені розчини. Процес кристалізації таких розчинів протікає дуже повільно навіть при високій температурі. Тому перед входом соку в апарат II сатурації до нього може додаватися до 40% згущення суспензії осаду соку II сатурації. Введення карбонату кальцію і інтенсивне перемішування соку за час дозрівання 15-20 хв дозволяє осадку СаСО<sub>3</sub> максимально викристалізуватися і запобігти його пізнішій кристалізації в трубопроводах, насосах і на полотнах фільтраційного обладнання, що є критичним для стану обладнання. У верхній частині дозрівача сік виходить з апарату і надходить до збірної ємності перед фільтрацією соку II сатурації.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Отже, в рамках виконання кваліфікаційної роботи обрано та застосовано наступний варіант технологічної процедури. Дифузійний сік подають в переддефекатор, в останню зону якого додають вапнякове молоко. Оброблений в переддефекаторі сік надходить в холодний дефекатор, після чого через підігрівник поступає в гарячий дефекатор. В спрощеному технологічному процесі ступені холодної та гарячої (або першої та другої) дефекації соку не розділяють, тому після преддефекатора сік буде надходити на основну дефекацію. Це один з багатьох можливих методів реалізації одного й того ж процесу.

Дефекований сік направляють на першу сатурацію діоксидом вуглецю, потім знову на підігрівник. На другу сатурацію потрапляє сік з першої сатурації, що містить надлишок вапняку, цукрозу, КОН, NaOH та інші нецукри. Повторювану обробку дифузійного соку діоксидом вуглецю проводять для того, щоб перевести залишені після першої сатурації вільні гідроксиди кальцію, калію, натрію та вивести в осад кальцій, зв'язаний з органічними кислотами. Після другої сатурації сік підлягає сульфітації (обробленню діоксидом сірки).

Схема очищення дифузійного соку складається з наступних основних операцій: попередня дефекація (преддефекація), основна дефекація (холодного та гарячого ступенів), перша сатурація, друга сатурація, фільтрація, сульфітація.

В даній роботі застосовано типову технологічну схему очистки соку з гарячою дефекацією та фільтрами-згущувачами.

Очистку дифузійного соку ведуть в неперервному потоці. Дифузійний сік зі збірника, насосом подається в трубчастий підігрівник і нагрівається до температури 50-60 градусів. Після цього він подається в переддефекатор прогресивної дії. Із змішувального баку, через дозатор в останню зону переддефекатора додається вапняне молоко. Також в зону з 8 - 9,5 рН, через регулюючий клапан, вводиться 100-150 % (до маси буряка) не фільтрованої суспензії соку 1-ї сатурації. При цьому рН дифузійного соку підвищується до 10,8 - 11,2, і під дією вапна відбувається нейтралізація кислот, коагуляція

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

макромолекул речовин в колоїдному стані і осадження органічних кислот у вигляді солей кальцію. Преддефекація триває 12-15 хв.

Преддефекований сік самопливом надходить в апарат холодного (теплого) ступеню основної дефекації, куди додається 2 - 3 % (до маси буряка) вапняного молока (2,5 - 3,0 % CaO ). Температура процесу становить 40 - 50 °С. Вапняне молоко подають в переливний ящик переддефекатора або безпосередньо в трубопровід перед входом в холодний дефекатор. рН соку при цьому підвищується до 12,2 - 12,3, ряд несахарів розкладається, тривають реакції осадження солей кальцію деяких органічних кислот. Процес оптимальної тривалості становить 20 - 30 хв, допускається до 60 хв.

З дефекатора холодної фази сік насосом перекачують через підігрівник, для досягнення температури 85 - 90 °С, і направляють в апарат гарячого ступеню основної дефекації. В переливний ящик гарячого дефекатора, при необхідності покращення седиментаційних та фільтраційних якостей соку, із дозатора може додаватися вапняне молоко (0,8 - 1,1 % CaO ). Оптимальна тривалість процесу 5 - 10 хвилин.

Далі сік самопливом надходить в апарат на 1-у сатурацію газом, що містить діоксид вуглецю. При обробці діоксидом вуглецю рН соку знижується до 10,8 - 11,2, а на поверхні утворюються кристали карбонату кальцію. На 1-й сатурації не все вільне вапно зв'язується діоксидом вуглецю, частина його залишається в соку, щоб не допустити розчинення обложених на преддефекації нецукрів. Тривалість процесу 8-10 хв. Тиск сатураційного газу досягає 0,25 - 0,4 МПа.

Сік 1-ї сатурації виходить з апарата і подається в напірний збірник - змішувач, куди при необхідності додається розчин коагулянту. Після першого сатуратора сік розділяється у переливному ящику на два потоки: один спрямовують у переддефекатор, інший - насосом через підігрівач у відстійник.

Згущена суспензія соку 1-ї сатурації з відстійника направляється на листові вакуум-фільтри. Осад на фільтрі промивається гарячим конденсатом, скидається в мішалку і виводиться у відходи (із заводу).

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

Декантат із відстійника та концентровані промивні води (фільтрат) відводяться через вакуум-збірку, змішуються і подаються на контрольні дискові фільтри. Розбавлені промивні води із вакуум - фільтрів йдуть на приготування вапняного молока. На всіх етапах сатурації вміст CO<sub>2</sub> в газі буде в межах 28-35 %.

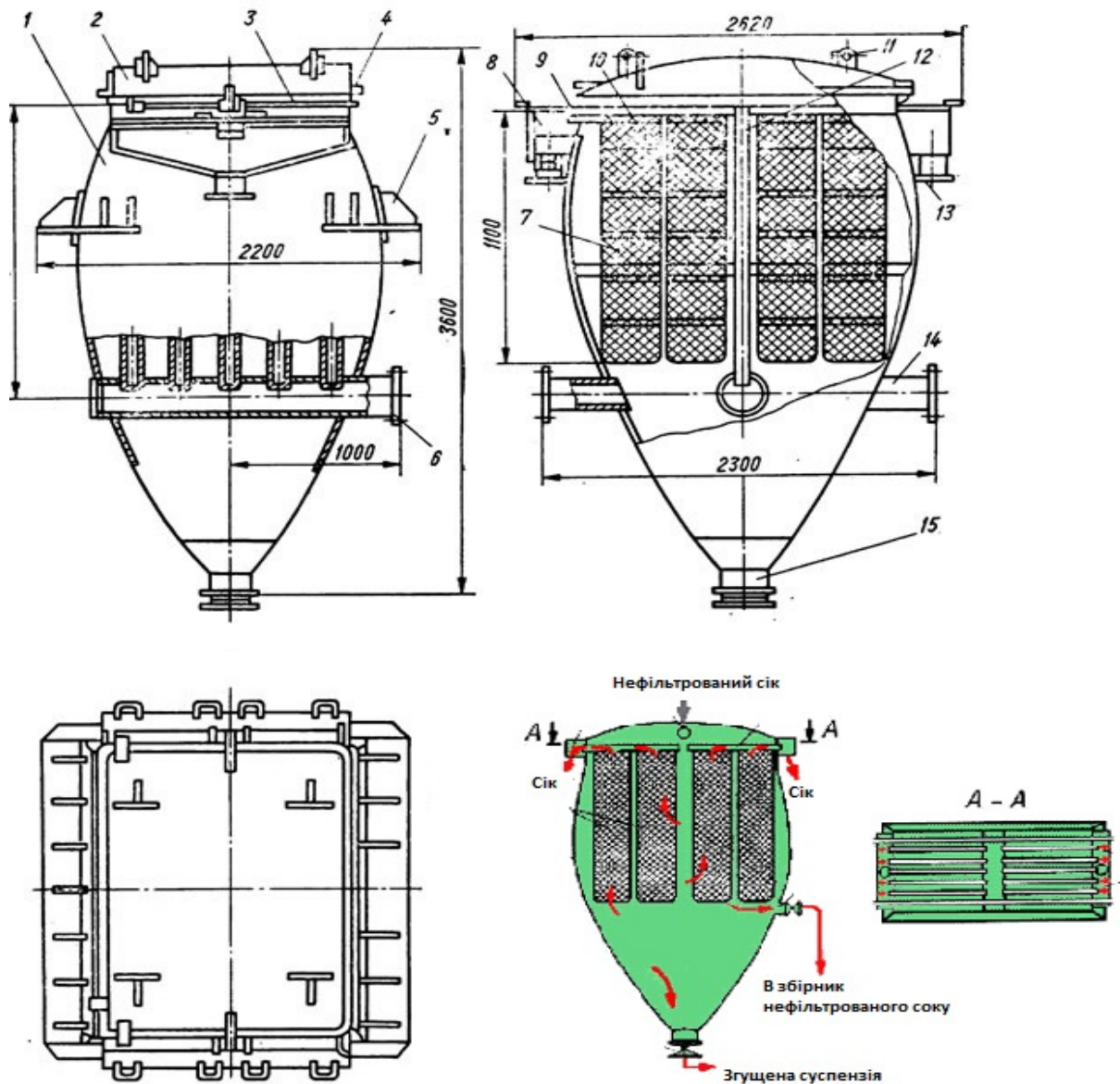


Рис. 1.5. - Загальна будова листового фільтра типу ФилС.

1-корпус, 2, 4-кришка, 3-фланець, 5-лапки, 6-патрубок, 7-фільтрувальні рамки, 8-переливні коробки, 9-птрубок, 10-колекторні трубки, 11-вушка для стопування, 12-ексцентрики, 13-труби для відводу фільтрату, 14, 15-партубки.

Після контрольної фільтрації, очищена фракція насосом подається через підігрівник, нагрівається до 90 - 96 градусів і потрапляє в гарячий дефекатор перед 2-ю сатурацією. Вапняне молоко вводиться в апарат з дозатора для збільшення адсорбційної поверхні, в кількості, еквівалентній 0,25 % CaO (до маси буряка). Тривалість процесу гарячої дефекації перед 2-ю сатурацією досягає 2 - 5 хв.

Сік з апарата гарячої дефекації перед 2-ю сатурацією самопливом поступає в апарат 2-ї сатурації. Процес триває 8 - 10 хв. В результаті отримується сік з рН 9,2 - 9,7. Доброякісність такого соку становить 88 - 92 %, а вміст солей кальцію 0,03 - 0,10 % CaO (до маси буряка). Його пропускають через листові фільтри-згущувачі, обробляють діоксидом сірки в сульфитаторі до рН 8,5 - 9,0 і направляють в випарну установку на згущення. Фільтраційний осад з фільтру змивається фільтрованим соком 2-ї сатурації і повертається в збірник суспензії перед вакуум-фільтрами.

*Система автоматичного керування забезпечує наступні вимірювання:*

- вимірювання рівня в збірниках і апаратах по потоку від збірки дифузійного соку до збірника соку перед випарної станцією включно;
- вимір необхідних витрат продуктів і вапняного молока;
- вимірювання тиску сатураційного газу, вапняного молока;
- вимірювання температури продуктів після останніх груп підігрівачів;
- вимір рН преддефекованного соку, соків 1-й і 2-й сатурації;

*Система автоматичного управління забезпечує наступне регулювання:*

- рівня в збірнику дифузійного соку, зміною обертів насоса соку в переддефекатора;
- температури дифузійного соку на преддефекацію, клапаном гріючого теплоносія на останню групу підігрівачів;
- автоматичну продувку переддефекатора в 3-х точках, по заданому часу;

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

- рівня в збірнику холодного дефекатора, зміною обертів насоса соку в гарячий дефекатор;
- температури преддефекованного соку на гарячу дефекацію, клапаном гріючого теплоносія на останню групу підігрівачів;
- автоматичну продувку гарячого дефекатора, по заданому часу;
- рН соку 1-ї сатурації, клапаном подачі сатураційного газу;
- автоматичну продувку 1-го сатуратора, по заданому часу;
- рівня в збірнику нефільтрованого соку 1-ї сатурації, зміною обертів насоса соку 1-ї сатурації на фільтрацію;
- температури соку 1-ї сатурації на фільтрацію, клапаном гріючого теплоносія на останню групу підігрівачів;
- витрати суспензії 1-й сатурації, за допомогою зміни оборотів насоса суспензії 1-й сатурації на преддефекацію;
- рівня в збірнику фільтрованого соку 1-ї сатурації, зміною обертів насоса соку на 2-ю сатурацію;
- температури соку перед 2-й сатурацією, клапаном гріючого теплоносія на останню групу підігрівачів;
- автоматичну продувку дефекатора і 2-го сатуратора, по заданому часу;
- рН соку 2-й сатурації, клапаном подачі сатураційного газу;
- автоматичну продувку дозреватель соку 2-й сатурації, по заданому часу;
- рівня в збірнику соку 2-й сатурації, зміною обертів насоса соку 2-й сатурації на фільтрацію;
- рівня та витрати в збірнику суспензії 2-й сатурації, зміною обертів насоса суспензії 2-й сатурації на збірник дифузійного соку;
- рівня в збірнику фільтрованого соку 2-й сатурації, зміною обертів насоса соку на збірку перед ВС (на контрольну фільтрацію);

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

- співвідношення сік-вапняне молоко в чотирьох точках, змінюючи ступінь відкриття клапанів (на переддефекатора, на холодний дефекатор, на гарячий дефекатор, на 2-ю сатурацію);

- стабілізація тиску в колекторі вапняного молока, зміною ступеня відкриття клапана повернення молока;

- стабілізація тиску сатураційного газу в колекторі, зміною ступеня відкриття клапана газу в атмосферу;

*Система автоматичного управління забезпечує сигналізацію:*

- роботи приводів обладнання та насосів по потоку;

- відхилення від норми найважливіших технологічних параметрів і аварійних зупинок устаткування і насосів.

Опціонально система автоматичного управління забезпечує повернення соку 1-ї сатурації на преддефекацію (в разі незадовільної роботи станцій фільтрування соків); подачу згущення суспензії 2-й сатурації в котли 1-й і 2-й сатурації в співвідношенні до відповідних витрат соків.

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

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	2	3	4	5	6	7
1	Преддефектор	Витрата дифузійного соку	0,15 м <sup>3</sup> /год	Управління	Стан, відображення, реєстрація	Вплив на клапан подачі соку та роботу насоса М1
		Витрата соку 1-ї сатурації (на повернення)	0,02 м <sup>3</sup> /год	Управління	Стан, відображення, реєстрація	Вплив на насос М4 та клапан подачі соку
		Значення рН соку на виході з апарату	10,8 - 11,2 рН	Контроль, регулювання	Відображення, реєстрація, стабілізація	АРМ оператора, вплив на клапан подачі молока
		Температура	50-60 °С	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, щит управління

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
2	Дозатор вапняного молока	Витрата вапняного молока	0,03 м <sup>3</sup> /год	Управління	Стан, відображення, реєстрація	Вплив на клапан подачі молока
		Співвідношення витрат сік-вапно	5:1	Контроль, регулювання	Відображення, реєстрація, стабілізація	Вплив на витрату вапна в дозатор
3	Холодний дефекатор	Рівень	85 %	Контроль	Відображення, стан	АРМ оператора, щит управління
4	Гарячий дефекатор № 1	Температура	85 - 90 °С	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, щит управління
5	Гарячий дефекатор № 2	Температура	85 - 90 °С	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, щит управління
6	Збірник вапняного молока	Рівень	10-80 %	Контроль, управління	Відображення, стан	Вплив на клапан подачі вапняного молока

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
7	Трубопровід подачі сатураційного газу	Тиск	250 кПа	Контроль, регулювання	Відображення, реєстрація, стабілізація	АРМ оператора, щит управління, вплив на клапан подачі газу
		Вміст CO <sub>2</sub> в сатураційному газі	32 %	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
8	Переливний ящик після 1-го сатуратора	Температура	80°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, щит управління
		Значення рН (кислотність) після 1-ї сатурації	10,8 - 11,2 рН	Регулювання	Відображення, реєстрація, стабілізація	АРМ оператора, вплив на клапан подачі сатураційного газу

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
9	Переливний ящик після 2-го сатуратора	Температура	80°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, щит управління
		Значення рН (кислотність) після 2-ї сатурації	9,2 - 0,7 рН	Регулювання	Відображення, реєстрація, стабілізація	АРМ оператора, вплив на клапан подачі сатураційного газу
10	Збірник соку після 1-ї сатурації	Рівень	85 %	Управління	Відображення, стан	АРМ оператора, щит управління, вплив на клапан подачі соку
11	Збірник соку після 2-ї сатурації	Рівень	85%	Управління	Відображення, стан	АРМ оператора, щит управління, вплив на клапан подачі соку

## Розділ 2. Система автоматизації

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

При розробці системи автоматизації в першу чергу необхідно вирішити, з яких позицій та якими приладами буде здійснюватися управління тими чи іншими ділянками об'єкту, де будуть розміщені пункти управління, операторські приміщення, який повинен бути взаємозв'язок між ними. Тобто необхідно вирішити питання вибору структури управління. Під структурою управління розуміється сукупність частин автоматизованої системи, на які вона може бути розділена, а також шляхи передачі та перетворення інформації між ними.

Усім приладам і засобам автоматизації, що зображуються на схемах автоматизації, присвоюють позиційні позначення та номенклатури відповідних контурів. Необхідним також є обґрунтований вибір технічних засобів та методів вимірювань з метою досягнення оптимальних характеристик роботи системи. Вірний підбір приладів та їх налаштувань є основою для досягнення найкращих якісних показників у автоматизованому виробництві харчової продукції. При грамотному підході до аналізу існуючих систем та рішень стає можливим реалізація вигідної збірки, що буде відповідати співвідношенню ціна-якість.

До характерних особливостей та вимог щодо застосування основних ТЗА при розробці систем автоматизації належать:

1. Технічні засоби для отримання інформації про стан технологічних параметрів об'єкту та технологічного обладнання. До них відносяться датчики та вимірювальні перетворювачі, які безпосередньо встановлюються на технологічному обладнанні для вимірювання тиску, температури, рівня, витрати,

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бураков М.М.			Розробка системи автоматизації процесу дефекосатурації на цукровому заводі	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Киричук С.А.					26	81
						НУХТ АК-4-1		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

фізико-хімічних властивостей, стану обладнання та інше. Такі пристрої ще називають первинними перетворювачами, основним призначенням яких є перетворення контрольованої величини в уніфікований вихідний сигнал. Найбільш високі вимоги застосовуються до датчиків по точності, чутливості, динамічним властивостям.

2. Технічні засоби призначені для відображення та реєстрації інформації на щитах оператора та диспетчерських пунктах. Це можуть бути показувальні та реєструвальні прилади, індикатори, сигнальні табло, мнемосхеми. Загалом такі засоби відносяться до вторинних приладів, що призначені для візуального показу контрольованого параметра, реєстрації його значення на різних носіях, вироблення сигналу поточного значення для системи регулювання. Також можуть застосовуватись підсилювачі, перетворювачі уніфікованих сигналів, частотоміри, фазометри, подільники напруги та мости.

3. Технічні засоби для реалізації алгоритмів автоматичного регулювання та логікопрограмного управління, в тому числі автоматичні регулятори.

4. Засоби оперативного управління, за допомогою яких оператор має можливість забезпечити дистанційне управління об'єктом безпосередньо з автоматизованого робочого місця (АРМ).

5. Перетворювачі сигналів однієї уніфікованої форми в іншу, які використовуються у разі необхідності узгодження роботи технічних засобів різних гілок промислових приладів, при використанні їх разом в одному контурі контролю або регулювання, та нормуючі перетворювачі, які призначені для перетворення сигналів від датчиків в уніфіковані сигнали.

6. Виконавчі механізми, які призначені для переміщення регулюючих органів відповідно за командою управляючого пристрою.

7. Регульовальні органи, які призначені для зміни витрати речовини або подачі енергії чи матеріального потоку до об'єкту.

До програмно-технічних засобів автоматизації (ТЗА) відносять:

1. Програмувальні таймери;

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

2. Спеціалізовані обчислювальні пристрої, пристрої допроцесорної підготовки.

3. Аналого-цифрові й цифро-аналогові перетворювачі.

4. Програмовані логічні контролери (ПЛК).

5. Локальні-обчислювальні мережі.

Отже, проведемо аналіз методів і засобів на предмет можливості їх використання в кваліфікаційній роботі. Розглянемо детальніше кожен із методів вимірювання та оберемо найоптимальніші для конкретних випадків.

### 2.1.1. Контури вимірювання температури

Температура є одним із основних показників, які визначають стан протікання технологічного процесу і якість продукції. Температура характеризує ступінь нагрятості тіла і визначається кількістю внутрішньої кінетичної енергії теплового руху молекул. При контакті двох тіл теплота від більш нагрітого переходить до менш нагрітого тіла і в результаті теплообміну проходить вирівнювання температури. Виміряти температуру безпосередньо неможливо, тому визначаються певні властивості термометричного тіла, якими можуть бути: об'єм, лінійні розміри, електричний опір, терморушійна сила та ін.

Залежно від принципу дії промислові засоби вимірювання температури розділяються на такі групи з відповідними межами вимірювання: термометри розширення (від -200 до +600 °С), манометричні термометри (від -200 до +1000 °С), термометри опору (від -260 до +1000 °С), термоелектричні термометри (від -270 до +2800 °С), пірометри (від -50 до +3500 °С).

Слід враховувати вимоги до встановлених температурних меж відповідно до технології дільниці. Більшість приладів розрахованих на великий розмах шкали використовувати буде недоцільно, оскільки це призводить до збільшення похибок та зменшення точності вимірюваних значень. Необхідно обирати прилад з номінальним діапазоном значень, який буде включати в себе потрібний розмах температурних показників.

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

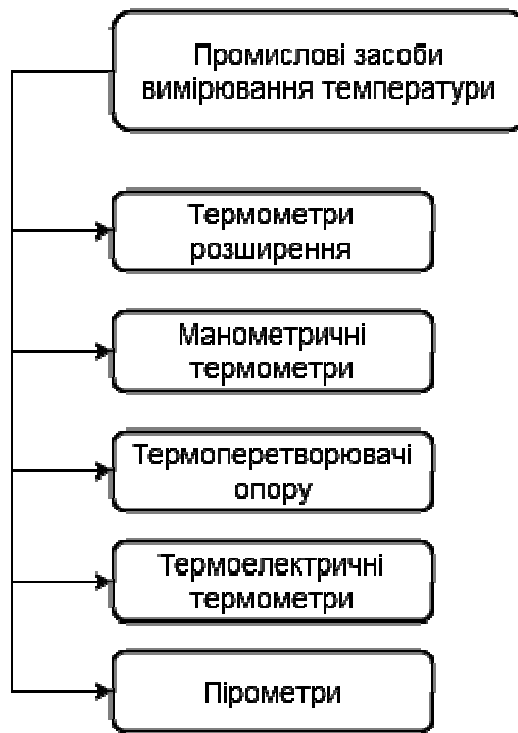


Рис. 2.1. - Класифікація приладів для вимірювання температури за принципом дії.

#### Термометри розширення.

Принцип дії термометрів розширення заснований на розширенні рідин і твердих тіл під впливом температур. Розрізняють рідинні, дилатометричні та біметалеві термометри.

Принцип дії скляних рідинних термометрів ґрунтується на тепловому розширенні термометричної рідини, розміщеної в скляному резервуарі, під впливом температури. У таких термометрах використовують ртуть, етиловий спирт, толуол, пентан, гас та інші речовини.

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

Принцип дії біметалевих та дилатометричних термометрів базується на змін їхніх лінійних розмірів під впливом температури. Чутливий елемент являє собою

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

пружину, яка складена з двох металевих пластин з різним коефіцієнтом лінійного розширення. Оскільки внутрішня пластина має більший коефіцієнт лінійного розширення, ніж зовнішня, при нагріванні така пластина буде випрямлятися. Її переміщення буде передаватися на показову стрілку.

Перевагами таких термометрів є простота та надійність, легкість в експлуатації, низька вартість. *До недоліків відноситься* неможливість передачі показів на відстань.

Висновок: відсутність дистанційної передачі показань на відстань робить неможливим контроль температури в певних ділянках, адже вихідний сигнал в 4-20 мА необхідний для подальшої обробки, реєстрації та виводу на показувальний прилад. Отже, даний метод вимірювання та прилади цього типу не можуть бути використані.

#### Манометричні термометри.

Принцип дії манометричних термометрів ґрунтується на розширенні газів, рідин і парорідинних сумішей від температурного впливу. Але таке розширення відбувається в замкненому об'ємі, що призводить до зміни тиску в цьому середовищі. Під впливом температури тиск робочої речовини у термобалоні збільшується і через капіляр передається манометричній трубчастій пружині, яка починає розкручуватись та через зубчасту передачу приводить в рух стрілку на шкалі. Термобалон виготовляється з корозійностійкої сталі, а капіляр - із сталеві чи мідної трубки діаметром 0,15-0,5 мм. Залежно від термометричної речовини манометричні термометри бувають газові, рідинні та конденсаційні для різних меж вимірювань температури. Газові та рідинні мають рівномірну шкалу, а конденсаційні - нерівномірну.

*До переваг манометричних термометрів можна віднести* дешевизну, простоту принципу роботи та надійність. Можливість використання в пожежонебезпечних приміщеннях.

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

*Серед недоліків* велика інерційність (1,5-2 хв.), обмежена дистанційність, великі габаритні розміри термобалону, мала ремонтоздатність при розгерметизації системи. Складності монтажу. Також газові і рідинні манометричні термометри мають класи точності 1; 1,5 і 2,5, а конденсаційні - 1,5; 2,5; 4, що говорить про досить високі похибки.

Висновок: манометричні термометри мають низький клас точності, їх монтаж на трубопроводах та апаратах досить складний. Ймовірність розгерметизації газового балона під час експлуатації досить висока. Даний метод вимірювання не може бути використаний.

### Термоелектричні термометри.

В основу вимірювання температури термоелектричними перетворювачами (термопарами) покладено термоелектричний ефект. Суть його полягає в тому, що в замкненому електричному колі з двох провідників виникає термоелектрорушійна сила (ТЕРС) термопари, яка залежить лише від різниці температур спайок провідників. Такий ефект пояснюється наявністю вільних електронів у металах електродів, кількість яких в одиниці об'єму для різних металів різна.

Таким чином між провідниками у місці спаю виникає потенціал, величина якого залежить від температури спаю. Якщо обидва спаї будуть знаходитись при однакових температурах, то різниця потенціалів між ними дорівнюватиме нулю. Якщо температура в них різна, то різниця потенціалів і, відповідно, ТЕРС буде пропорційна різниці температур спаїв. Якщо температуру одного спаю, який будемо називати холодним, підтримувати на рівні 0 °С, то за величиною ТЕРС можна визначити температуру гарячого спаю термопари. Таким чином, вимірювана температура визначається безпосередньо по градувальній таблиці відповідного термометра.

Для дистанційного підключення термопар використовуються подовжувальні або компенсаційні дроти. Різні термоперетворювачі розвивають

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

різні ТЕРС при одній і тій самій температурі і їх градууювальні характеристики індивідуальні для кожного типу. Тому при вимірюванні температури за допомогою термоелектричних перетворювачів необхідно додержуватись відповідних градуювань як для термоперетворювача, так і для вимірювального приладу.

Переваги термоелектричних перетворювачів: можливість вимірювати високі значення температури, надійність, широкий діапазон вимірювань (від -250 до +2500 °С), висока точність (до  $\pm 0,01$  °С), можливість передачі сигналу на відстань.

Основні недоліки: суттєвий вплив зміни температури навколишнього середовища, де знаходяться вільні кінці (холодний спай), на точність вимірювання. Через це виникає необхідність застосування поправки або використання в підключенні спеціальних компенсуювальних проводів. Відповідно для отримання високої точності є потреба в індивідуальному градуюванні термопар. Також одним з недоліків є неможливість передачі сигналу на великі відстані через падіння напруги. Через це необхідно застосовувати додаткові нормувальні перетворювачі. Виникнення термоелектричної неоднорідності в результаті різких перепадів температур, механічних напружень, корозії і хімічних процесів в провідниках призводить до зміни градууювальної характеристики і погрешностей до 5К. Ефект Пельтьє (в момент зняття показань, необхідно виключити протікання струму через термопару, так як струм, що протікає через неї, охолоджує гарячий спай і розігріває холодний).

Висновок: діапазон вимірювання термоелектричних термометрів занадто великий (до 2500 °С), що призводить до великих похибок вимірювань. Також є вирогідність похибок при великій довжині термопарних і подовжувальних проводів. Даний метод потребує дуже точного налаштування чутливого обладнання та викликає складності в обслуговуванні, тому є небажаним до використання в роботі. Але може бути використаний як альтернатива наступному методу.

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

## Термоперетворювачі опору.

Принцип дії термоперетворювачів (термометрів опору) ґрунтується на зміні електричного опору провідників або напівпровідників під впливом температури й описується рівняннями:

$$\text{для провідників: } R_t = R_0 (1 + \alpha \cdot t)$$

$$\text{для напівпровідників: } R_t = K \cdot e^{\beta/t}$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  - коефіцієнти питомого електричного опору провідників і напівпровідників;  $K$  - константа.

Таким чином, знаючи цю залежність, можна, вимірюючи електричний опір провідників або напівпровідників, судити про температурні умови, в яких вони знаходяться, тобто вимірювати температуру непрямим методом.

Характер залежності  $R_t = f(t)$  у провідників та напівпровідників різний: у металів опір зі збільшенням температури зростає, а в напівпровідників - зменшується.

Незважаючи на те, що чутливість напівпровідникових термометрів у 5-10 разів вища, ніж у металевих, вони застосовуються значно рідше. Це обумовлено тим, що їхні характеристики опору істотно нелінійні та мають погане відтворення параметрів. Це ускладнює їхню взаємозамінність.

Найбільше використовують у промисловості металеві термометри опору. При виборі з великої кількості відомих металів та матеріалів, придатних для виготовлення термометрів опору, керуються наступними вимогами.

Матеріали повинні характеризуватися:

- лінійною або близькою до неї залежністю  $R_t = f(t)$ ;
- інертністю до середовища, в якому виконується вимірювання;
- якісним відтворенням властивостей.

Найповніше цим вимогам відповідає мідь і платина. Мідні термометри опору використовуються для вимірювання температур у межах від -50 до +100 °С, а платинові - від -250 до +650 °С.

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

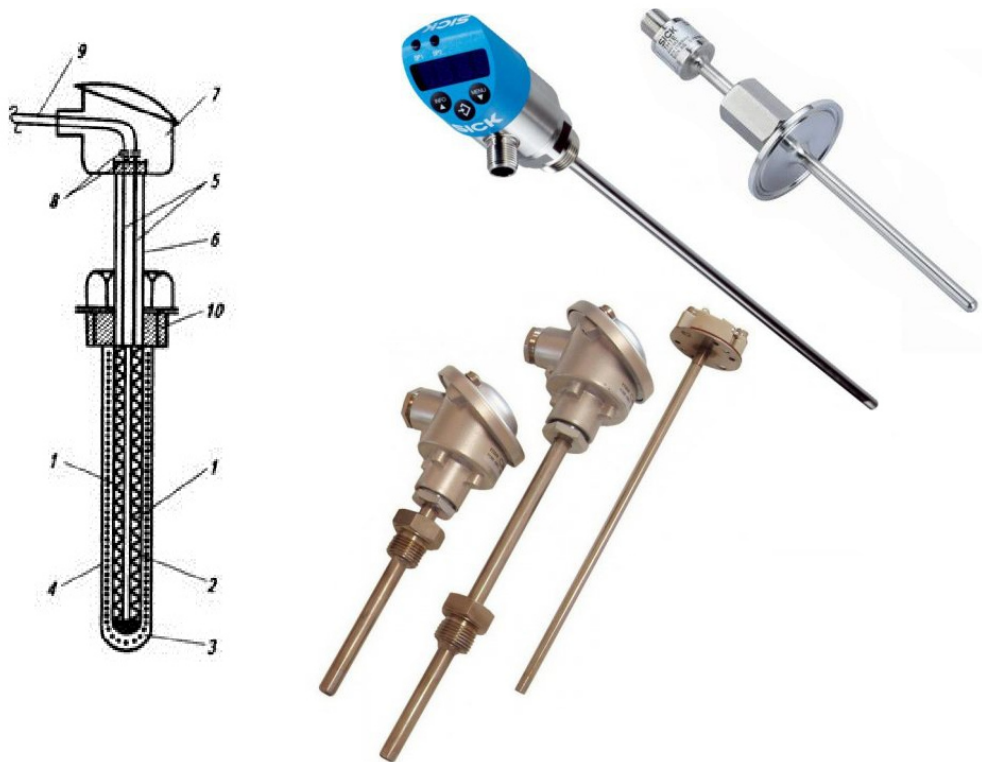


Рис. 2.2. - Конструкція термометра опору та загальний вигляд приладів.

Конструктивно термометри опору являють собою відповідно мідний (діаметром 0,1 мм) або платиновий (діаметром 0,07 мм) дріт, намотаний на осердя або пластину з ізоляційного матеріалу й поміщений у захисну арматуру. Чутливий елемент 1 розміщується у пористому керамічному циліндрі 2, заповненому керамічним порошком 3, який знаходиться в зовнішній захисній трубці-чохлі 4 з нержавіючої сталі. До верхніх кінців спіралі чутливого елемента 1 припаяні виводи 5, які виходять у головку 7 приладу, де виводи 5 закінчуються клемми 8, до яких під'єднується кабель 9, що передає сигнал до вимірювального приладу. Сам прилад закріплюється на об'єкті з використанням різьбової втулки 10.

У промисловості використовують декілька градувань (номінальних статичних характеристик НСХ) термометрів опору, в основу яких покладено електричний опір термометра при 0 °С, зокрема:

- для платини: 50П, Pt50, 100П, Pt100, 500П, Pt500, 1000П, Pt1000;
- для міді: 50М, Cu50, 100М, Cu100, 500М, Cu500, 1000М, Cu1000;

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

- для нікелю: Ni10, Ni1000.

Число в позначенні градування (НСХ) вказує на опір термометра при 0 °С, а літери - на матеріал чутливого елемента.

Для відображення та реєстрації значень температури термометри опору працюють у комплекті зі зрівноваженими і неврівноваженими мостами, логометрами та цифровими приладами. необхідно пам'ятати, що термометри відповідного градування можуть бути підключені до вторинного приладу тільки такого самого градування, яке зазначене на його шкалі.

Також термометри опору можуть мати у своєму складі нормуючий перетворювач, який встановлюється в головку термометра і перетворює величину опору на уніфікований електричний сигнал. В цьому випадку вони можуть бути підключені до цифрових показувальних і управляючих пристроїв різного призначення: цифрові індикатори, мікропроцесорні регулятори та інші вторинні пристрої.

Оскільки ці прилади можуть бути використані для підключення всіх датчиків, які мають уніфікований сигнал, то вони є універсальними. Термометри опору також можуть під'єднуватись безпосередньо до спеціалізованих модулів промислових контролерів.

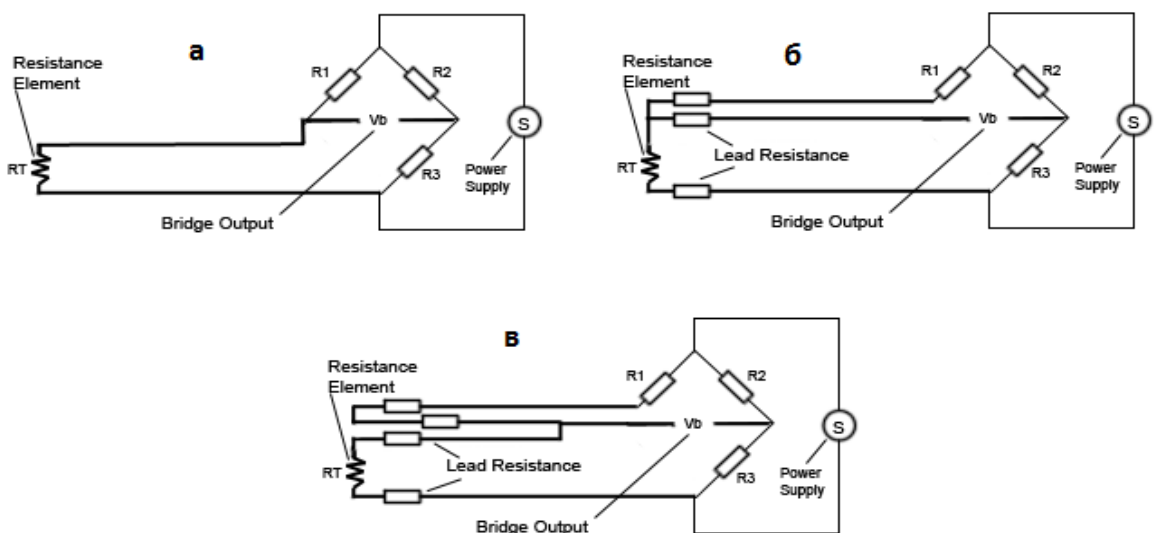


Рис. 2.3. - Схеми підключень терморезисторів в термометрах опору. (а) - двопровідна, (б) - трипровідна, (в) - чотирипровідна.

Для підключення термометрів опору зазвичай використовують одну з трьох основних схем підключення резистивних датчиків:

- двопровідна схема підключення;
- трипровідна схема підключення;
- чотирипровідна схема підключення.

В 2-провідній схемі підключення використовується лише два дроти. При дистанційному вимірі температури опір двопровідної з'єднувальної лінії зв'язку впливає на точність виміру, тому що ці опори піддаються впливу температурних полів навколишнього середовища і величина їх змінюється. Тобто така схема має невисоку точність, оскільки на результат впливає опір з'єднувальних дротів.

Трипровідна схема підключення має більш високу точність, ніж 2-провідна схема. Більша точність досягається за рахунок можливості виміряти опір з'єднувальних дротів, щоб врахувати їх вплив на результат вимірювання. У трипровідній схемі вводиться третій провідник, з'єднуючий один полюс джерела з затискувачем термометра опору. У результаті цього опори виявляються ввімкненими в різні плечі містка і зміна їх на результат виміру не впливає. Коливання напруги живлення містка в межах  $\pm 20\%$  не впливає на показання врівноваженого містка. Зі збільшенням напруги росте чутливість місткової схеми.

Найбільш точною є 4-провідна схема підключення, оскільки вона повністю виключає вплив з'єднувальних дротів на результат вимірювання. Стабільний струм через термоопір задається джерелом струму. Значення напруги, пропорційне температурі, вимірюється приладом з високим вхідним опором, тому точність вимірювань визначається стабільністю струму та точністю вимірювача напруги. Так забезпечується практично повне виключення похибок, викликаних нестабільністю опорів проводів сполучної лінії.

*Переваги термометроретворювачів опору:* висока надійність, широкий діапазон вимірювань, висока точність (до  $\pm 0,1$  °C), можливість передачі сигналу на відстані, простота в роботі та обслуговуванні, лінійність характеристик.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

*Недоліки:* неможливість вимірювання високих температур, менший діапазон значень в порівнянні з термопарами, висока вартість у відповідності до використовуваного матеріалу (платинові або мідні).

Найпоширенішими термометрами опору є платинові, це можна пояснити високим температурним коефіцієнтом опору платини і стійкістю до дії агресивних середовищ. Платинові термометри мають найбільший діапазон робочих температур і високу лінійність номінальної статичної характеристики.

Мідні термометри опору мають меншу вартість в порівнянні з платиновими, але вони мають ряд недоліків, які вводять обмеження на їх використання, а саме вони мають малий питомий опір та сильно окислюються. Вони мають меншу точність і стабільність характеристик, ніж платинові датчики.

Висновок: висока точність, простота конструкції та монтажу, стійкість до агресивних середовищ є визначальними факторами у виборі температурного датчика. В даній роботі термометри опору є оптимальними засобами для вимірювання температури. В якості датчику температури буде обрано саме платиновий термометр опору.

### **Вимірювання температури в гарячих дефекаторах**

Температура в гарячих дефекаторах контролюється термоперетворювачем опору Метран-2000. Ці прилади призначені для вимірювання температури різних середовищ у газовій, енергетичній, металургійній, хімічній, нафтохімічній, харчової, та інших галузях промисловості.

За способом контакту з вимірюваним середовищем ТО відповідає занурюваному або поверхневому виконанню (залежно від конструктивних особливостей), за умовами експлуатації - стаціонарного виконання, по відношенню до вимірюваного середовища - герметичні.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

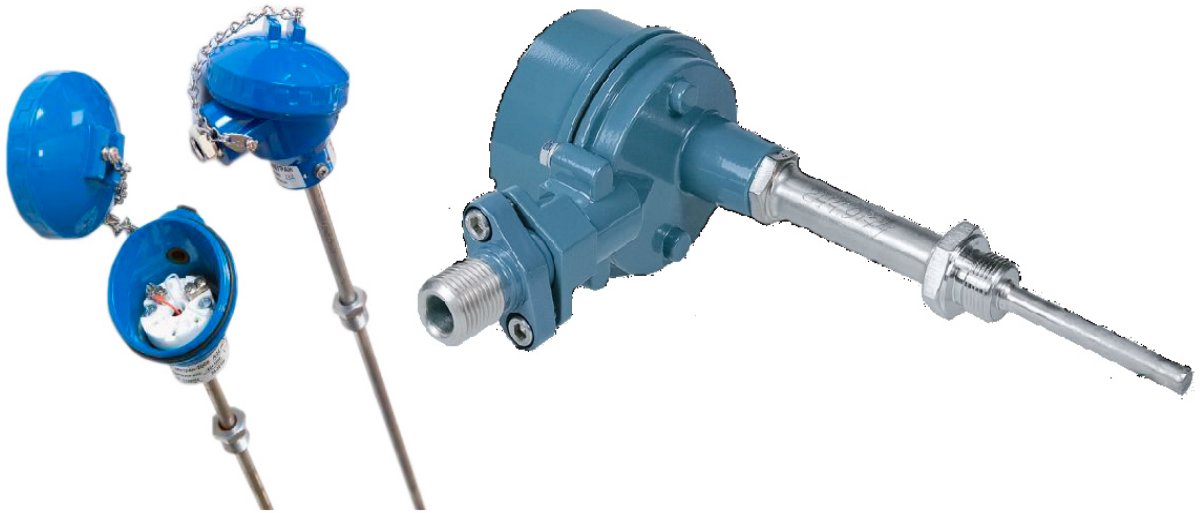


Рис. 2.4. - Зовнішній вигляд датчика Метран-2000.

Термоперетворювачі опору Метран-2000-100П/Pt100/50М-Н10-У1 (датчики температури мідні-ТСМ та платинові-ТСП), пиловологозахищені IP65 з металевою комутаційною (клемною) головкою застосовуються для безперервного вимірювання температури рідких, твердих (в т.ч сипких), газоподібних неагресивних середовищ, а також агресивних, стосовно яких матеріали, що контактують з вимірюваним середовищем, є корозійностійкими.

Технічні характеристики засобу:

- Спосіб контакту з вимірюваним середовищем: занурювальний, поверхневий;
- Вихідний сигнал: номінальна статична характеристика НСХ (ТСМ: 50М, 100М ТСП: Pt100, 100П);
- діапазон вимірюваних температур: -50...+600 °С (для реалізації Pt100 класу допуску АА від -50 до +250 °С, що є доцільнішим для використання в роботі);
- Кількість чутливих елементів: 2 або 3;
- Клас допуску: АА;
- Схеми з'єднання: 2, 3, 4-проводові;
- Довжина монтажної частини: < 2000 мм;

Конструкція чутливого елемента ТО:

- з монтажною платою стандарту DIN; без монтажною плати стандарту DIN.

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

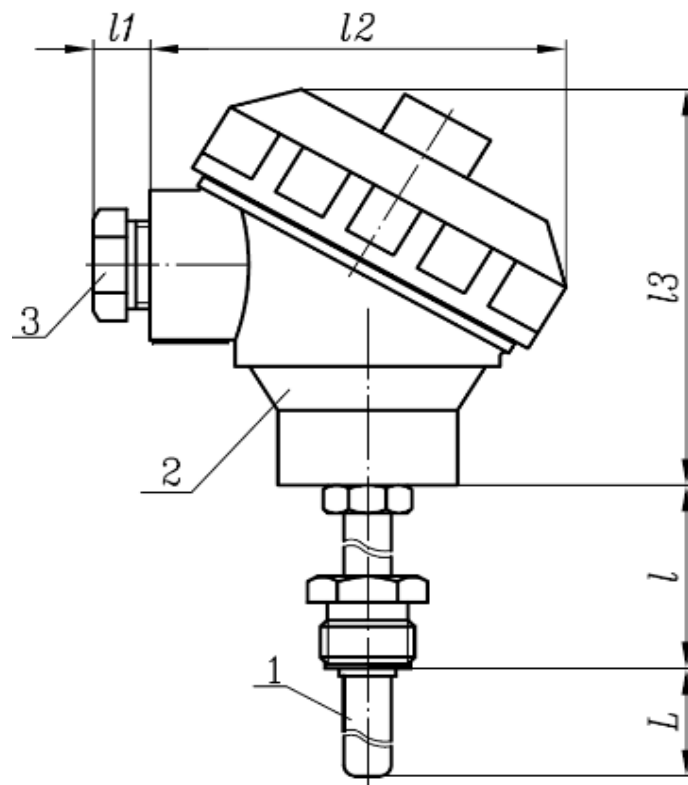


Рис. 2.5. - Габаритні розміри та конструкція датчика Метран-2000. 1-первинний перетворювач, 2-з'єднувальна головка, 3-кабельний ввід.

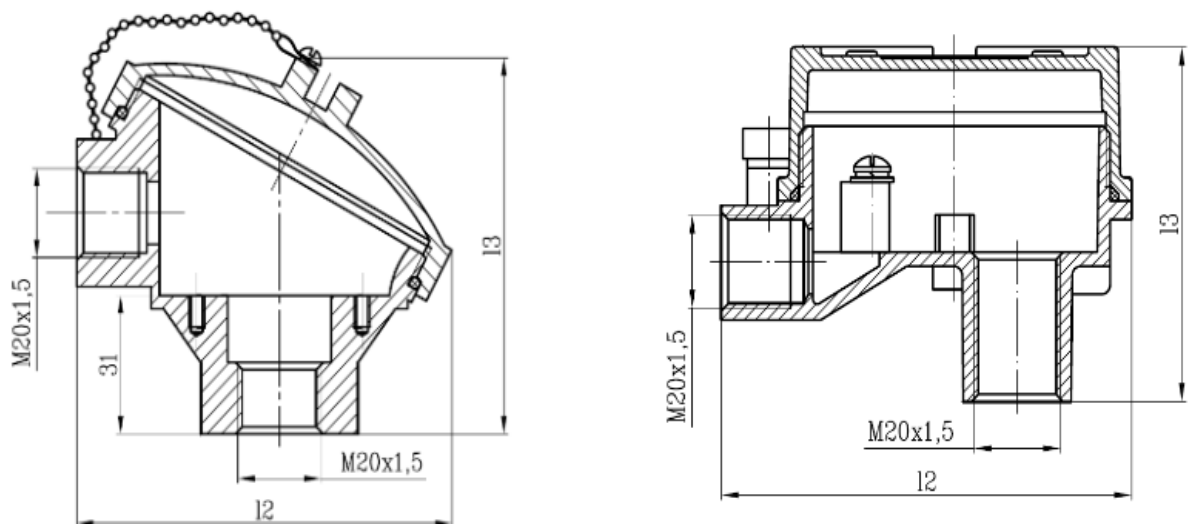


Рис. 2.6. - Конструктивне виконання з'єднувальних головок датчика.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

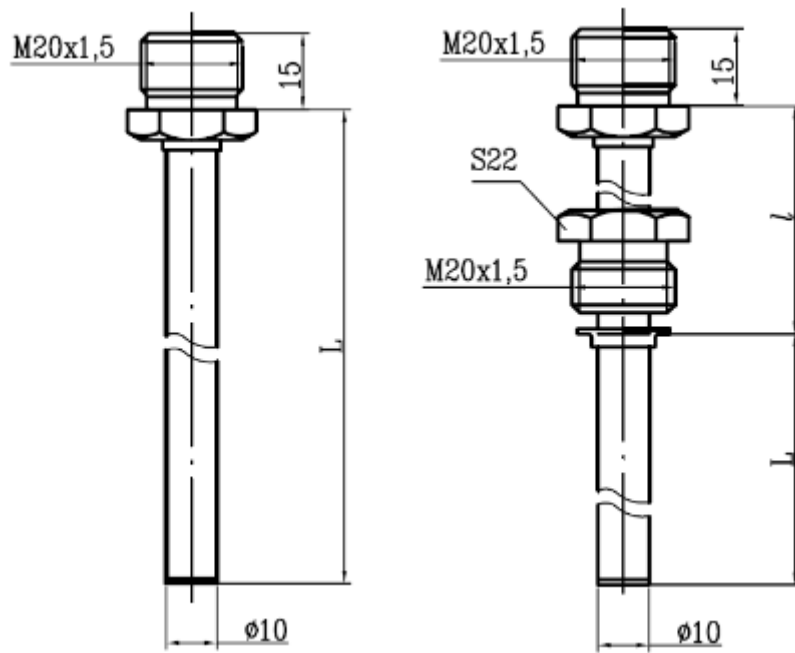


Рис. 2.7. - Конструктивне виконання первинних перетворювачів датчика.

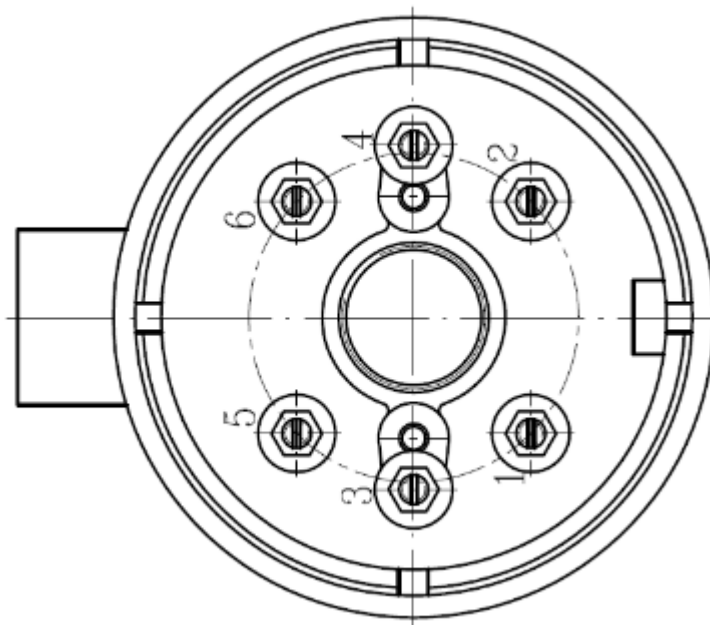


Рис. 2.8. - Розміщення контактів ТО в з'єднувальній головці.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

В якості вторинного приладу в роботі використано нормуючий перетворювач температури iTEMP TMT142 фірми Endress+Hauser, для термометрів опору, термопар, перетворювачів опору та напруги. Прилад призначений для перетворення сигналів датчиків температури в уніфіковані сигнали постійного струму 4...20 мА та приведення їх до єдиного виду - струмова петля 4...20мА.



Рис. 2.9. - Зовнішній вигляд перетворювача iTEMP TMT142.

Основні технічні характеристики засобу:

- ЖК дисплей з підсвіченням;
- Монтаж безпосередньо на датчик або непряме підключення через кронштейн;
- Робота з протоколом HART, масштабування та конвертація вхідних сигналів;
- Вхідні сигнали: резистивні датчики температури РДТ, термопари, перетворювачі напруги та опору;
- Вихідні сигнали: аналоговий уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА;
- Гальванічна розв'язка для захисту пристрою та уникнення паразитних сигналів;

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

- Напруга живлення: 24 В;
- Максимальна похибка: 0,02 %

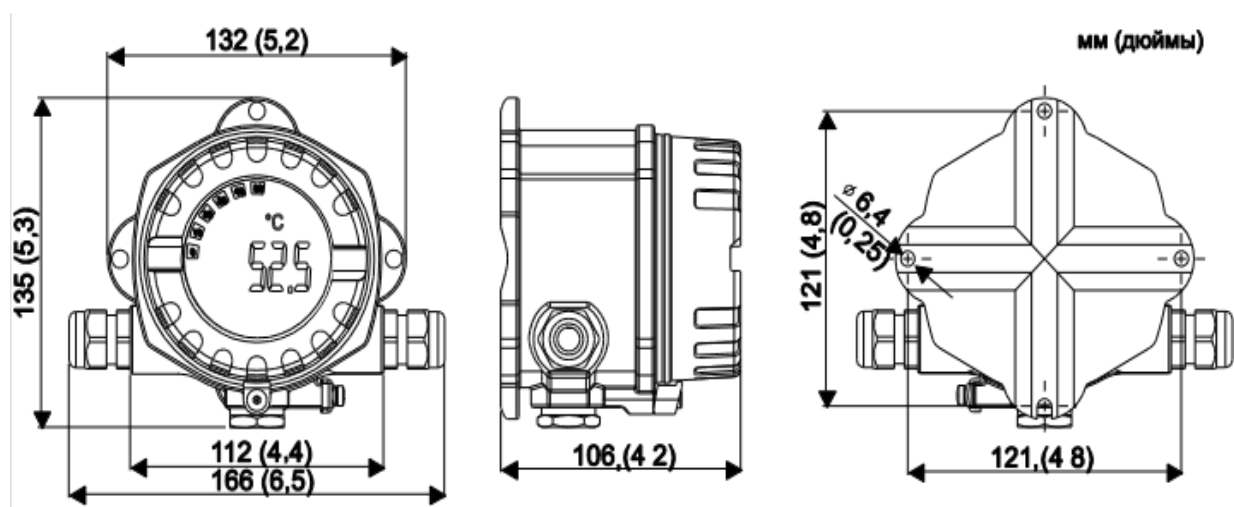


Рис. 2.10. - Габаритні розміри приладу iTEMP TMT142.

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

## 2.1.2. Контури вимірювання витрати

Вимірювання кількості та витрати рідин, газів, сипучих речовин у харчових виробництвах має важливе значення як для контролю технологічних режимів, так і для управління технологічними процесами.

Витрата речовини - це миттєве значення маси або об'єму речовини, які протікають через поперечний переріз транспортного каналу за одиницю часу. Під транспортним каналом розуміють не тільки трубопровід (для рідин і газів), а й стрічку транспортера, шнек або відкритий канал гідротранспортера, який переміщує речовину.

Витратомір - це засіб для вимірювання витрати. Конструктивно витратомір може включати комплекс технічних пристроїв, які об'єднані в єдине ціле з чутливим елементом первинного вимірювального перетворювача, який безпосередньо сприймає зміни витрати речовини. При цьому можуть використовуватись як контактні, так і безконтактні методи вимірювання.

За принципом дії розрізняють:

- витратоміри змінного перепаду тиску;
- витратоміри постійного перепаду тиску;
- електромагнітні витратоміри (індукційні);
- ультразвукові витратоміри;
- витратоміри змінного рівня (щілинні витратоміри);
- вихрові витратоміри;
- масові (коріолісові) витратоміри;
- теплові витратоміри.

Лічильник - засіб вимірювання, який призначений для вимірювання кількості і який безпосередньо контактує з вимірювальним середовищем.

Якщо технічний засіб для вимірювання витрати створює інформаційний сигнал, пропорційний інтегралу, зазвичай за часом, від вхідного сигналу, то його називають інтегратором.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

У деяких випадках лічильник вбудовується у витратомір і конструктивно з ним пов'язаний. За принципом дії розрізняють:

- швидкісні лічильники;
- об'ємні лічильники.

### Витратоміри Коріоліса

Витратоміри Коріоліса використовуються для вимірювання масової витрати речовини з використанням ефекту Коріоліса, який пояснюється появою сил інерції під час руху тіла в напрямку під кутом до осі обертання. Коріолісовий масовий витратомір вимірює масову витрату робочого середовища, яке виникає в момент її проходження через U - подібну вимірювальну трубку, яка вібрує.

Вимірюване середовище, що надходить у датчик, розділяється на рівні половини, що протікають через дві сенсорні трубки. Рух задавальної котушки приводить до того, що трубки коливаються вгору-вниз у протилежних напрямках. Збірки магнітів і котушок-соленоїдів, які називаються детекторами, встановлені на сенсорних трубках.

Котушки змонтовані на одній трубці, магніти - на іншій. Кожна котушка рухається крізь однорідне магнітне поле постійного магніту. Генерована напруга від кожної котушки детектора має форму синусоїдальної хвилі. Ці сигнали є рухом однієї трубки відносно іншої.

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

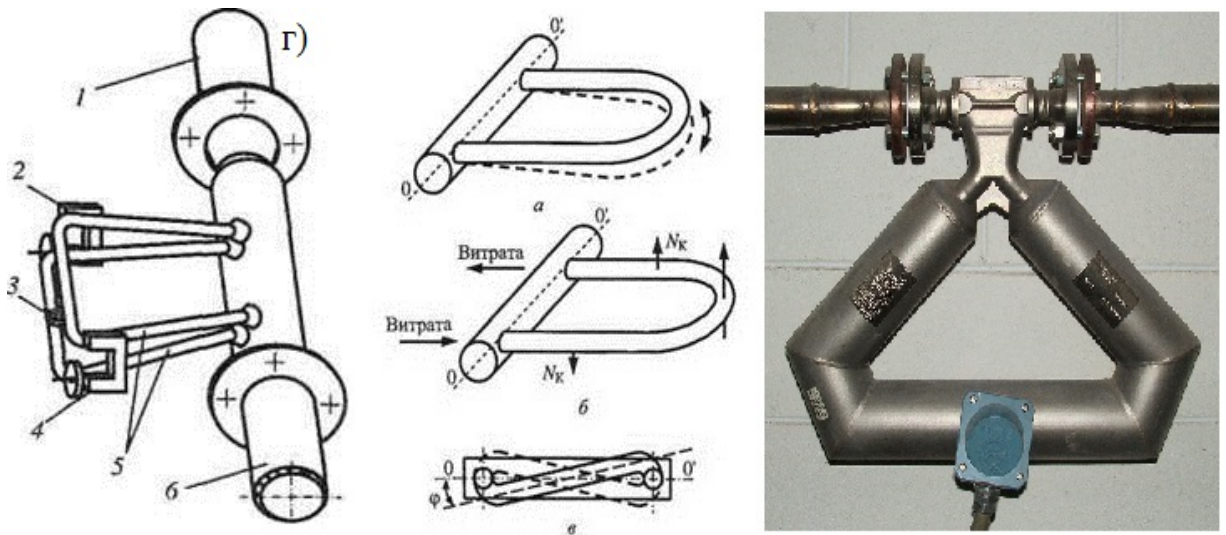


Рис. 2.11. - Приклад та будова коріолісових витратомірів.

а-коливна трубка; б-напрями дії коріолісових сил; в-крутильні коливання вимірювальної трубки; г-вигляд вузла ПВП коріолісового витратоміра: 1-вхідна ділянка трубопроводу; 2-вхідний детектор; 3-задавальна котушка; 4-вихідний детектор; 5-сенсорні трубки; 6-вихідна ділянка трубопроводу.

При русі вимірюваного середовища через датчик виявляється фізичне явище, відоме як ефект Коріоліса. Поступальний рух середовища в обертальному русі сенсорної трубки приводить до виникнення коріолісового прискорення, яке, в свою чергу, приводить до появи коріолісової сили. Ця сила спрямована проти руху трубки, наданого їй задавальною котушкою. Коли трубка рухається вгору під час половини її власного циклу, то для рідини, що надходить усередину, сила Коріоліса направлена вниз. Як тільки рідина проходить вигин трубки, напрямок сили змінюється на протилежний. Таким чином, у вихідній половині трубки сила, що діє з боку рідини, перешкоджає зсуву трубки, а у вихідній - сприяє. Це приводить до вигину трубки. Коли в другій фазі вібраційного циклу трубка рухається вниз, то напрям вигину змінюється на протилежний. Сила Коріоліса і, отже, величина вигину сенсорної трубки, прямо пропорційні масовій витраті рідини.

Витратоміри цього типу визначають масову витрату безпосередньо, а не через вимірювання швидкості чи об'єму. Робота витратоміра Коріоліса не

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

залежать ні від тиску рідини, ні від її температури, ні від її в'язкості і густини. Тому такі датчики є універсальними і не вимагають проведення повторних калібрувань і підналагодження під кожен конкретний тип рідкого середовища.

*Переваги:* простота обслуговування завдяки відсутності рухомих і зношуваних частин; надійна робота в умовах вібрації трубопроводу; підходять для вимірювання всіх типів рідини, незалежно від їх електричної провідності; висока точність ( $\pm 0,05\%$ ) та повторюваність ( $\pm 0,02\%$ ) результатів вимірювання; тривалий термін служби та вимірювання витрат в широких межах; можливість вимірювання одночасно 3-х параметрів (витрати, маси, густини); вимірювання параметрів будь-яких середовищ; можливість вимірювання витрат середовищ з високою в'язкістю; незалежність роботи приладу від зміни параметрів середовища, що вимірюється.

*Недоліки:* необхідність додаткового монтажу приладу вторинного перетворювача; малі діаметри трубопроводів для монтажу датчика; залежність показань від відкладень шлаків у трубопроводах; складність виготовлення технологічних компонентів, що впливає на вартість; необхідність високоточного монтажу.

**Висновок:** даний тип приладів та метод вимірювання чудово підходить для цілей кваліфікаційної роботи. Кориолісові витратоміри позитивно себе зарекомендували у харчовій промисловості і в роботі вони є оптимальними засобами для вимірювання витрати матеріальних потоків.

### **Вимірювання витрати дифузійного соку та вапняного молока**

З метою вимірювання витрат матеріальних потоків в системі використаємо витратомір-густиномір Sitrans FC Massflo фірми «Siemens». Кориолісовий витратомір Sitrans FC Massflo складається із первинного вимірювального перетворювача (сенсора) витрати MASS 2100/M та вимірювального мікропроцесорного перетворювача MASS 6000. Сенсор безпосередньо вимірює

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

витрату і густину, а перетворювач - конвертує отриману від сенсора інформацію в цифрову форму та стандартні уніфіковані вихідні сигнали.



Рис. 2.12. - Загальний вигляд ПВП (сенсора) та мікропроцесорного перетворювача витратоміра Sitrans FC Massflo.

Основними елементами ПВП витрати є дві витратомірні сенсорні трубки U-подібної форми, на яких монтуються з'єднувальна коробка із силовою електромагнітною (задавальною) котушкою збудження та магнітом, два детектори з магнітами й електромагнітними котушками і терморезистор. Сенсорні трубки закріплені до основного трубопроводу так, що їхні площини утворюють між собою деякий кут. Між площинами трубок на однаковій відстані від середини згину трубок і симетрично їм, розташована задаюча електромагнітна котушка, яка через спеціальний електромеханічний ланцюг збуджує механічні коливання сенсорних трубок, при чому трубки коливаються вверх-вниз у протилежних напрямках по відношенню одна до одної. Збудження самої електромагнітної котушки відбувається від задаючого електронного генератора синусоїдальної форми коливань з позитивним зворотним зв'язком на

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

самозбудженні. При русі вимірюваного середовища через трубку-сенсор з'являється фізичне явище, відоме як ефект Коріоліса.

Сенсор прямо вимірює масову витрату, густину і температуру. Перетворювач конвертує отриману від сенсора інформацію в стандартні вихідні сигнали. За отриманими значеннями масової витрати та густини (із поправкою на температуру рідини) обчислюється об'ємна витрата.

Первинний вимірювальний прилад MASS 2100/M одночасно вимірює густину середовища, яке протікає через сенсор. При цьому використовується основний закон виміру густини у таких витратомірах - співвідношення між масою й власною частотою коливань сенсорної трубки. У робочому режимі задаюча котушка працює на струмі від перетворювача, який збуджує механічні коливання сенсорних трубок на резонансній частоті, яка залежить від їхньої геометрії, матеріалу, конструкції й маси.

Маса трубок складається із двох частин: маси самих трубок і маси вимірюваного середовища в трубках. Для конкретного типорозміру сенсора маса трубок постійна. Так як маса вимірюваного середовища в трубках дорівнює добутку густини середовища на його внутрішній об'єм, який є також постійним для конкретного типорозміру ПВП, то частота резонансних коливань трубок однозначно зв'язана з густиною середовища. Як тільки маса вимірюваного середовища збільшується із-за збільшення його густини, відповідно зменшується власна частота коливань трубок. І навпаки - при зменшенні маси вимірюваного середовища, власна частота коливань трубок збільшується. Таким чином, густина середовища в таких витратомірах визначається шляхом вимірювання частоти власних резонансних коливань сенсорів.

Для забезпечення режимів вимірювання по витратам та густині, амплітуда коливань трубок автоматично регулюється задаючою котушкою через схему автоматичного регулювання підсилення задаючого генератора, що забезпечує стабільність вихідного сигналу обох сенсорів в діапазоні від 80 до 110 мВ.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Для компенсації впливу зміни температури продукту на похибку витратоміра, у ПВП MASS 2100/М вимірюється також температура середовища, яке походить крізь сенсор. Для цього в ПВП додатково установлений термометр опору Pt100.

Пропорційний витратам сигнал від обох сенсорів, виміряне значення температури та частота збудження власних механічних коливань сенсорних трубок подаються у мікропроцесорний перетворювач сигналів MASS 6000 (вторинний прилад). де перетворюються в пропорційні витратам сигнали, які використовуються для обчислення масової та об'ємної витрати, фракційних витрати, температури та густини продукту.

Вимірювання цим методом не залежить від електрофізичних властивостей рідини, і для визначення масової витрати не потрібно заздалегідь знати її густину, в'язкість, тиск і температуру, тому описаний витратомір особливо підходить для вимірювання неелектропровідних, заряджених (суміші рідини із твердими частинками), двофазних (емульсії), неньютонівських (у яких в'язкість залежить від швидкості) рідин.

Мікропроцесорний перетворювач підтримує комунікаційні протоколи по обміну інформацією HART, Modbus, Profibus і ін. Є можливість інтегрального (разом з ПВП) або віддаленого монтажу (на панелі, щиті).

Основні метрологічні характеристики витратоміра ПВП MASS 2100 аводться нижче. Абсолютна похибка вимірювання витрати ПВП залежить від вибраного умовного діаметру його основного трубопроводу, який повинен дорівнювати діаметру трубопроводу, по якому проходить продукт.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Таблиця 2.1. Основні технічні характеристики ПВП MASS 2100.

Умовний діаметр, мм	1,5	3	6	15	25	40
Діапазон вимірювання витрати рідини кг/год	65	250	1000	5600	25000	52000
$Q_{\max}$	0,9	9	45	180	1345	5370
$Q_{\min}$						
Межа допустимої відносної похибки виміру маси, %	0,15					
Межа допустимої абсолютної похибки установки нуля кг/год	0,001	0,005	0,05	0,2	1,5	6,0
Діапазон вимірювання густини, г/см <sup>3</sup>	0,1...2,9					
Межа допустимої абсолютної похибки вимірювання густини, (стандартна калібрівка) кг/м <sup>3</sup>	10,0*					
Межа допустимої абсолютної похибки вимірювання густини, (спец. калібрівка) кг/м <sup>3</sup>	1,0	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5
Межа допустимої похибки вимірювання температури, °С	0,5					
Макс. діапазон температур вимірюваного середовища, °С	-50...+180					
Клас захисту корпусу	IP65					
Монтажна довжина, мм	25**	400	560	620	934	1064
Маса, кг	2,6	4	8	12	30	48

(\* - в діапазоні густин 900-1100 кг/м<sup>3</sup>; \*\* - міжцентрова відстань).

Основні технічні характеристики та опис вимірювального мікропроцесорного перетворювач MASS 6000 витратоміра Sitrans FC Massflo наведено нижче.

ASIC - це State Machine Gate Array, електронний пристрій, який забезпечує швидке аналогово-цифрове перетворення, обробку, фільтрацію сигналів від сенсорів та здійснює одночасно збудження сенсорних трубок масового витратоміра на частоті 30 Гц.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Кваліфікаційна робота</b>					50

Аналогово-цифрове перетворення здійснюється у ASIC, який має низький коефіцієнт власних шумів та дозволяючу властивість по дискретному сигналу - 23 біти. Функція передачі сигналу базується на запатентованій фірмою технології DFT (Discrete Fourier Transformation).

При важких умовах монтажу та використання, якість роботи витратоміра може бути покращена за допомогою вбудованого в ASIC фільтра шуму. Останнє дозволяє суттєво зменшити типові впливаючі фактори, що визиваються шумом процесу, такі як вібрація насосу, що прокачує продукт, та механічні коливання або вібрації клапанів та вентилів.

Комунікації ASIC оснащена інтерфейсом CAN із специфічним протоколом Siemens. Ця концепція відома як USM II (Universal Signal Modul). При цьому до шини можуть підключатись додаткові вихідні та комунікаційні модулі, що забезпечує оптимальне конфігурування витратоміра у відповідності до поставленої задачі вимірювання. Як тільки внутрішня шина CAN розпізнає встановлений новий модуль, то він через пам'ять SENSORPROM автоматично програмується на заводські уставки, а на індикаторі MASS 6000 з'являється нове меню.

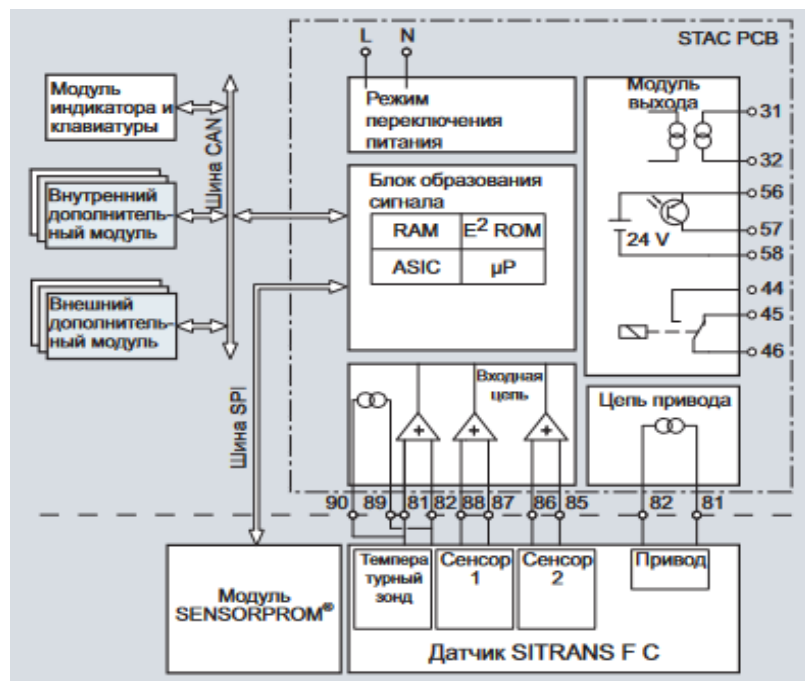


Рис. 2.13. - Структурна схема перетворювача MASS 6000.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

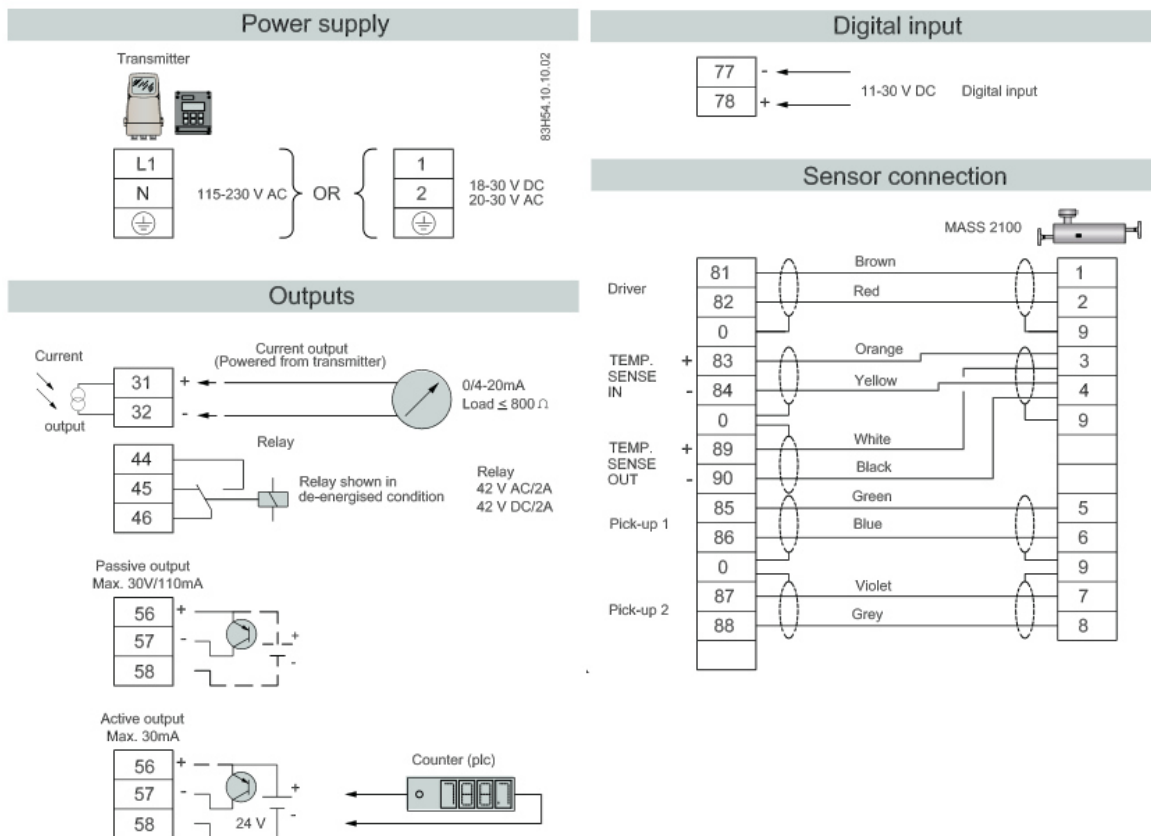


Рис. 2.14. - Електричні схеми підключень та живлення перетворювача.

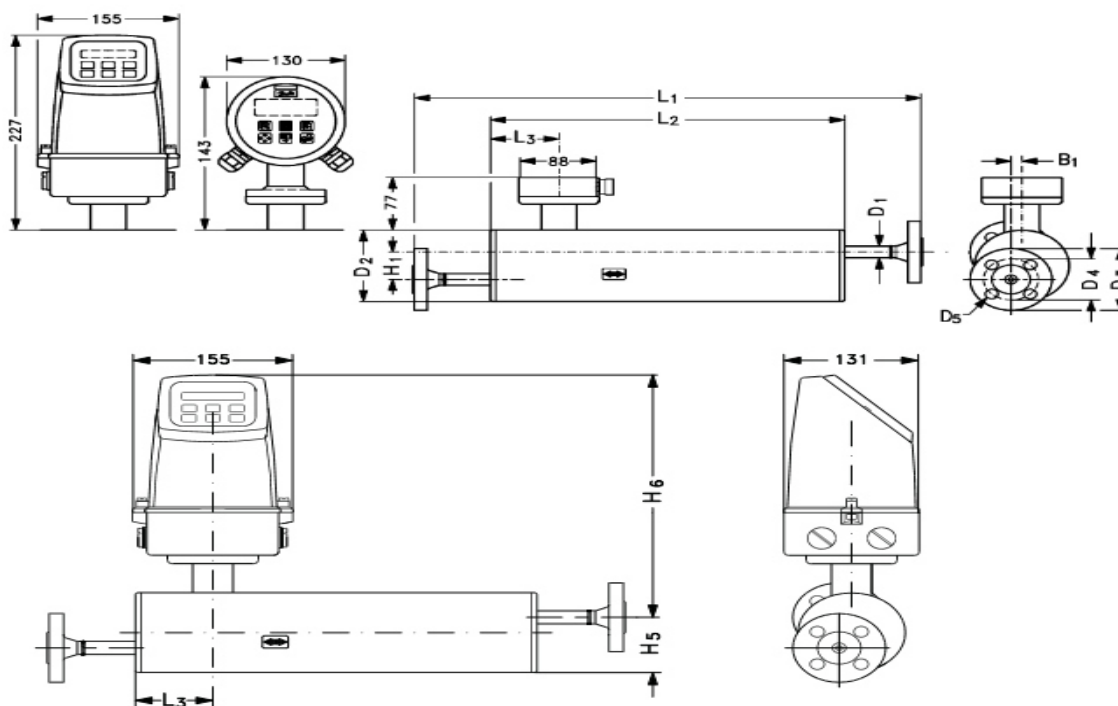


Рис. 2.15. - Габаритні розміри витратоміра Sitrans FC Massflo.

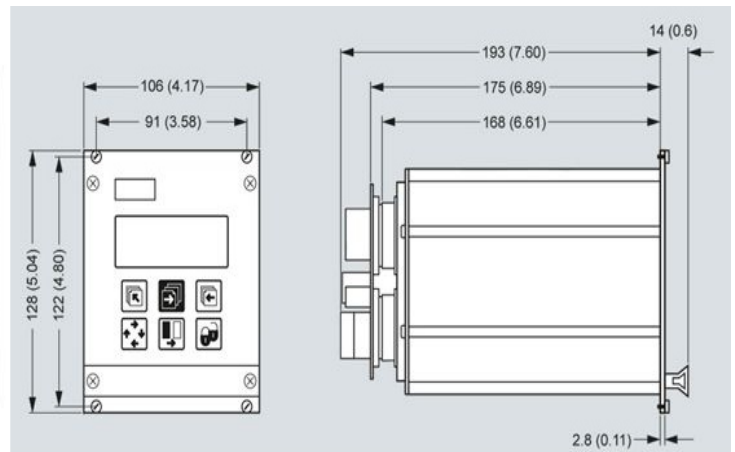


Рис. 2.16. - Варіант виконання перетворювача MASS 6000 для віддаленого (настінного, панельного) монтажу.

Основні технічні характеристики засобу:

- Вихідний струмовий сигнал: 0-20, 4-20 мА;
- Частота цифрового виходу: 0-10 кГц;
- Цифровий вхід: 11-30 В постійного струму;
- Температура навколишнього середовища: від -20 до +50 °С;
- Споживана потужність: 26 Вт;
- Напруга живлення: 115/230 В змінного струму або 18-30 В постійного струму;
- вбудоване меню реєстрації показників, помилок та ведення журналу;
- Гальванічна розв'язка.

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

### 2.1.3. Контури вимірювання рівня

Рівнем називають висоту заповнення технологічного апарата робочим середовищем - рідиною або сипучим тілом. Рівень робочого середовища є технологічним параметром, інформація про нього необхідна для контролю режиму роботи технологічного апарата, а в ряді випадків для керування виробничим процесом. Майже в усіх технологічних процесах харчових виробництв виникає необхідність у вимірюванні рівня рідин, сипких матеріалів, а також сигналізації мінімально чи максимально припустимих рівнів у апаратах або резервуарах. Рівень вимірюють в одиницях довжини.

Сучасні прилади рівня поділяються на дві основні групи: рівнеміри (дають конкретне значення рівня) та сигналізатори рівня (спрацьовують при пороговому значенні рівня). За діапазоном вимірювання розрізняють рівнеміри широкого (з межами вимірювання 0,5-20 м) і вузького діапазонів (межі вимірювання  $(0 \dots \pm 100)$  мм або  $(0 \dots \pm 450)$  мм).

При використанні рівнемірів та сигналізаторів в харчовій промисловості їх, за принципом дії, поділяють на наступні:

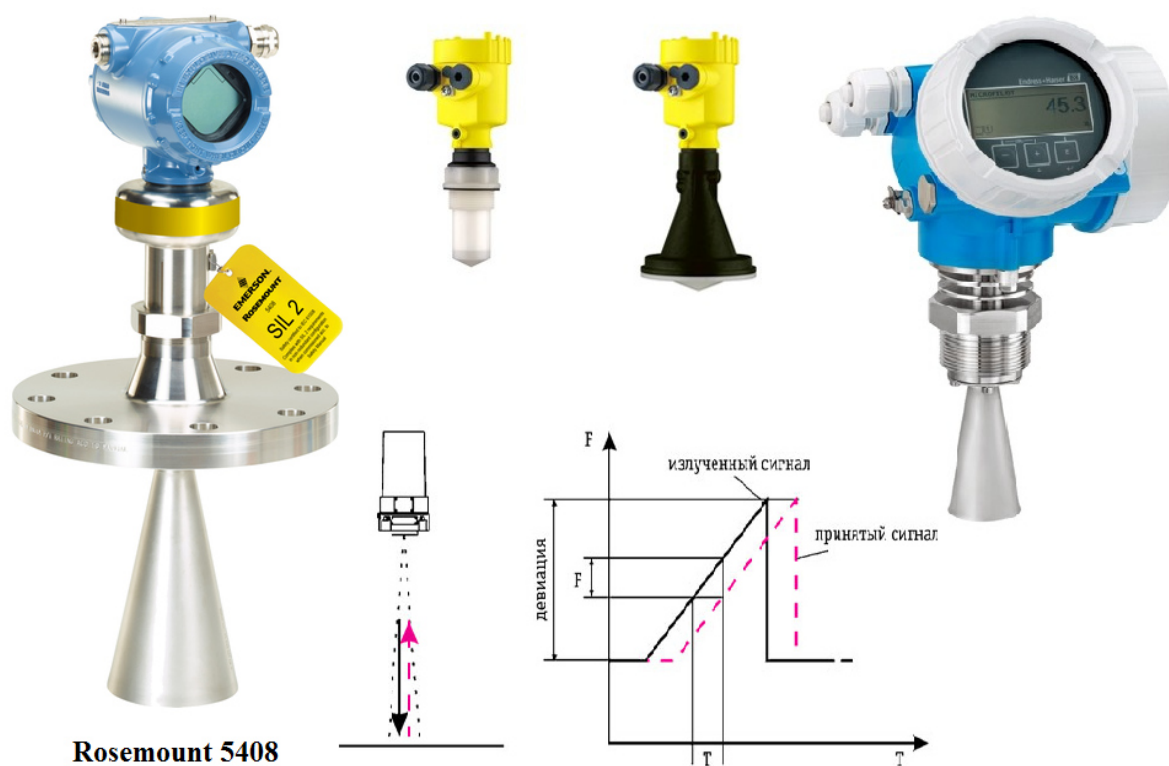
- механічні (поплавкові, буйкові, мембранні, контактено-механічні);
- гідростатичні;
- кондуктометричні;
- ємнісні;
- радіоізотопні (не застосовуються в харчовій промисловості);
- ультразвукові та акустичні;
- радарні (мікрохвильові);
- вібраційні.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## Радарні (мікрохвильові) рівнеміри

Принцип дії радарних рівнемірів подібний до ультразвукових, але в них використовують мікрохвильові імпульси високої частоти (від 6 до 26 ГГц), які поступають через штирову, рупорну або хвильову антену у вимірюване середовище. Діапазон вимірювання до 20 м і більше, похибка до  $\pm 0.15\%$ . Діапазон вимірювання залежить від частоти коливань, розмірів антени, стану поверхні і діелектричної постійної середовища ( $\epsilon$ ).

Чим вище  $\epsilon$ , тим більша величина відбитого імпульсу. Оскільки при високій частоті швидкість розповсюдження електромагнітних коливань у різних газах у повітрі відрізняється мало, то точність вимірювання рівня радарним рівнеміром не залежить від вмісту пари або диму. Крім того, внаслідок малої довжини хвилі радарні рівнеміри характеризуються більш високою роздільною здатністю вимірювання, а рівнеміри з рупорною антеною - малими габаритами.



Rosemount 5408

Рис. 2.17. - Приклади радарних (мікрохвильових) рівнемірів.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

При порівнянні радарних рівнемірів з частотою випромінювання 6 і 24 ГГц необхідно враховувати, що низькочастотні радари мають великі габарити, але менш чутливі до наявності на поверхні піни або хвиль, а також наявності конденсату на антені.

За аналогією з ультразвуковими рівнемірами, існують також контактні радарні рівнеміри з частотою 0.2...1.5 ГГц, у яких випромінювач закріплюється на кінці троса, завдяки чому можна вимірювати рівень незалежно від стану поверхні.

*Переваги:*

- на точність показів приладу не впливають склад, підвищені або коливальні температури (допустимі від - 40 до + 250 °С) та тиски рідин (від вакууму до 6.4 МПа), а в окремих випадках і діелектрична проникність середовища;

- порівняно висока точність роботи в будь-яких умовах (похибка  $\pm 0.15\%$ , в деяких  $\pm 1 - 3$  мм);

- можливість роботи в агресивних, абразивних та небезпечних середовищах (різка зміна фізичних властивостей, токсичність, лужність, кислотність);

- нечутливість до утворення піни, хвиль на поверхні рідин, турбулентних рухів, конденсату, пари, вологості, пилу або інших летких забруднювачів;

- варіативність у конструктивному виконанні та чутливості приладів (можливий вибір габаритів, тип та розміщення антени, а також особливості корпусу);

- широкий діапазон вимірювань (від 5 мм до 20 м і більше);

- сумісність в роботі з різними типами резервуарів, сховищ, ємностей;

- можливість роботи майже з усіма видами рідких та сипучих речовин;

- надійність, зручність експлуатації, швидкодія та можливість безконтактних вимірювань.

*Недоліки:*

- порівняно висока вартість приладів;

- при виборі габаритних моделей можливі складнощі монтажу;

- залежність діапазону вимірювань від діелектричної постійної середовища;

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

- при використанні контактних моделей можливе налипання речовин на датчик та його поступове забруднення або корозія;
- обмеженість використання у вузьких та дуже високих ємностях.

Висновок: даний тип приладів та метод вимірювання чудово підходить для використання в кваліфікаційній роботі. Радарні рівнеміри є підходящим вибором для цілей цукрового виробництва, оскільки мають багато позитивних якостей пов'язаних з використовуваним середовищем, фізичними властивостями, варіативністю та зручністю різноманітних параметрів. Ґрунтуючись на технологічних параметрах процесу дефекосатурації, а також враховуючи високу точність, швидкодію та малі похибки, можна сказати, що цей метод вимірювання найбільш прийнятний для технологічної ділянки. Найліпшим варіантом є використання безконтактних радарних рівнемірів у підсистемі проміжних збірників після першої та другої сатурації.

### **Вимірювання рівня сатураційного соку в підсистемі проміжних збірників**

В роботі використано прилад Sitrans LR200 в якості основного засобу вимірювання рівня соку після сатурації. Sitrans LR200 - це двопровідний імпульсний радіолокаційний вимірювальний перетворювач рівня (рівнемір) з частотою 6 ГГц для безперервного контролю за рівнем рідин та суспензій у резервуарах. Може використовуватись при високих значеннях температури та тиску, в діапазоні до 20 м. Пристрій складається з електронної частини, з'єднаної з антеною різьбовим або фланцевим технологічним з'єднанням. Sitrans LR200 підтримує комунікаційний протокол МАДВП (Магістральний Адресований Дистанційний Вимірювальний Перетворювач) та програмне забезпечення для керування обладнанням наступних типів:

- Simatic PDM
- Диспетчер пристроїв AMS

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



Рис. 2.18. - Зовнішній вигляд технічного засобу Sitrans LR200.

Особливості приладу:

- Цілісна стрижнева поліпропіленова антена як стандарт;
- Простий монтаж і введення в експлуатацію;
- Програмування за допомогою іскробезпечного інфрачервоного ручного програматора або SIMATIC PDM;
- Комунікація через протоколи HART або PROFIBUS PA;
- Запатентована Sonic Intelligence для обробки сигналу;
- Дуже висока заводостійкість;
- Автоматична фільтрація заважає відбиття від жорстких вбудованих деталей;
- Є різні фланці, рупорні і хвилеводні опції та варіанти конструкції антен;

Галузь застосування:

Оригінальний дизайн SITRANS LR 200 дозволяє здійснювати просте програмування за допомогою іскробезпечного інфрачервоного ручного

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

програмактора. Навіть у Ex-зоні не потрібно відкривати кришку корпусу. Крім цього прилад має вбудовану алфавітно-цифрову індикацію на чотирьох мовах. Стандартна антена SITRANS LR 200 це цільна поліпропіленова стрижнева антена. Вона пропонує високу хімічну стійкість і є герметичною. У інших приладів для перевірки хімічної сумісності необхідно враховувати кілька матеріалів, а також ущільнення між матеріалами. Цілісна антена має вбудований внутрішній екран, який запобігає перешкоди від монтажних штуцерів.

Проста настройка та програмування: для основних функцій достатньо двох параметрів. Електроніка розміщена в поворотному корпусі. Він може бути повернутий для полегшення підключення та оптимальної оглядовості індикації вимірюваного значення після монтажу.

SITRANS LR 200 має запатентовану технологію Sonic Intelligence для обробки сигналу, що забезпечує найвищу надійність. Установка рівнеміра зображена на (Рис. 2.19). Габаритні розміри приладу та його конструктивні особливості зображено на (Рис. 2.20).

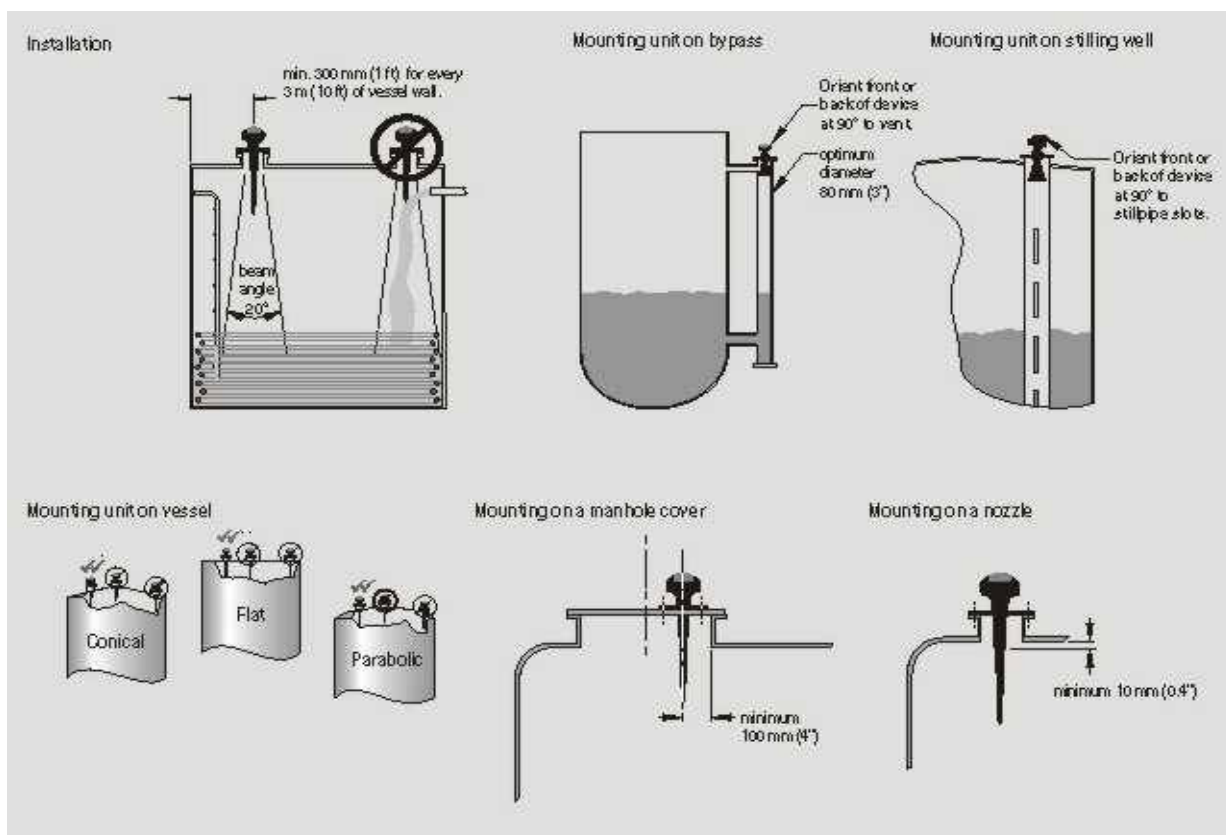


Рис. 2.19. - Варіанти монтажу SITRANS LR 200.

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

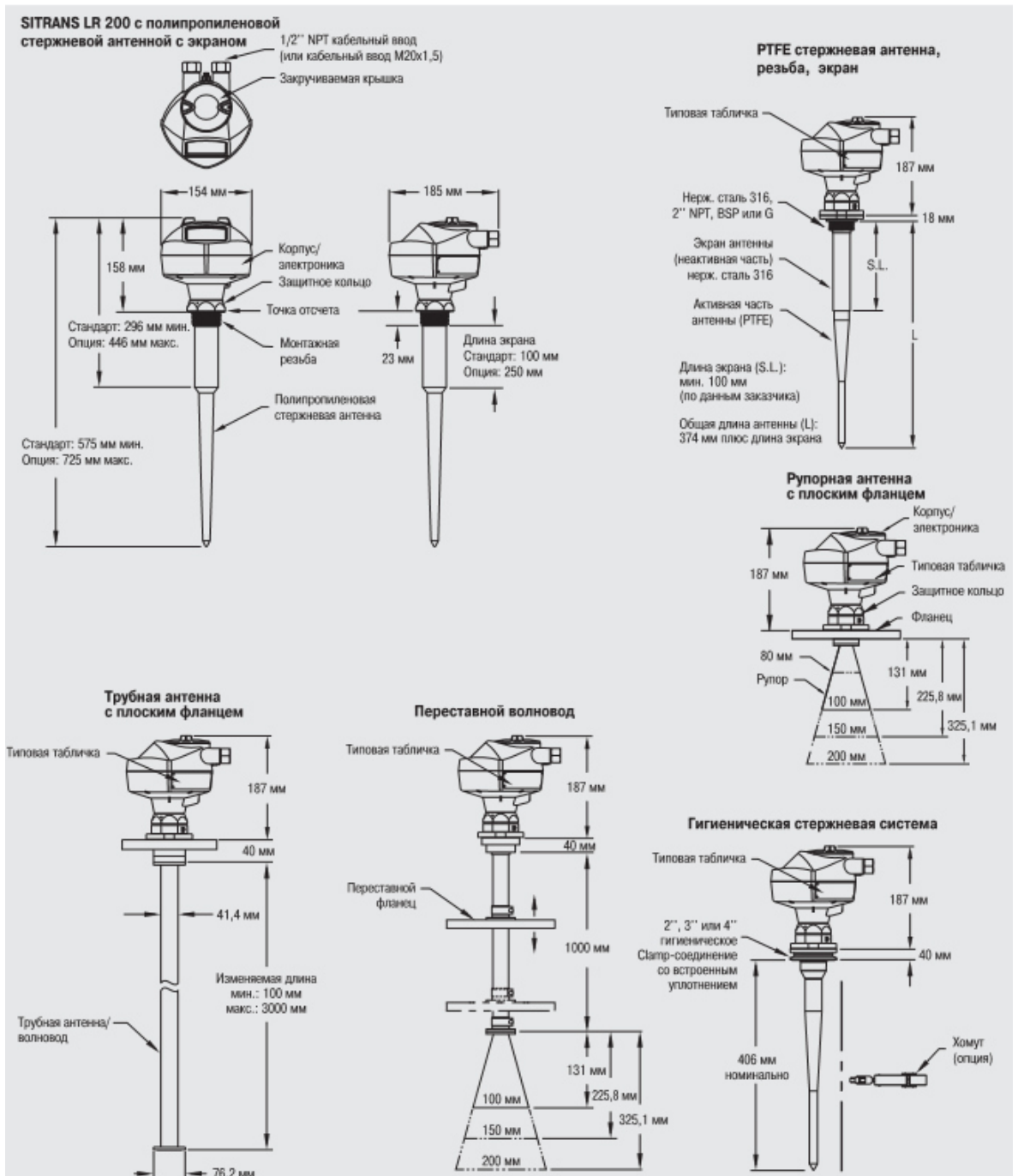


Рис. 2.20. - Габаритні креслення SITRANS LR 200.

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

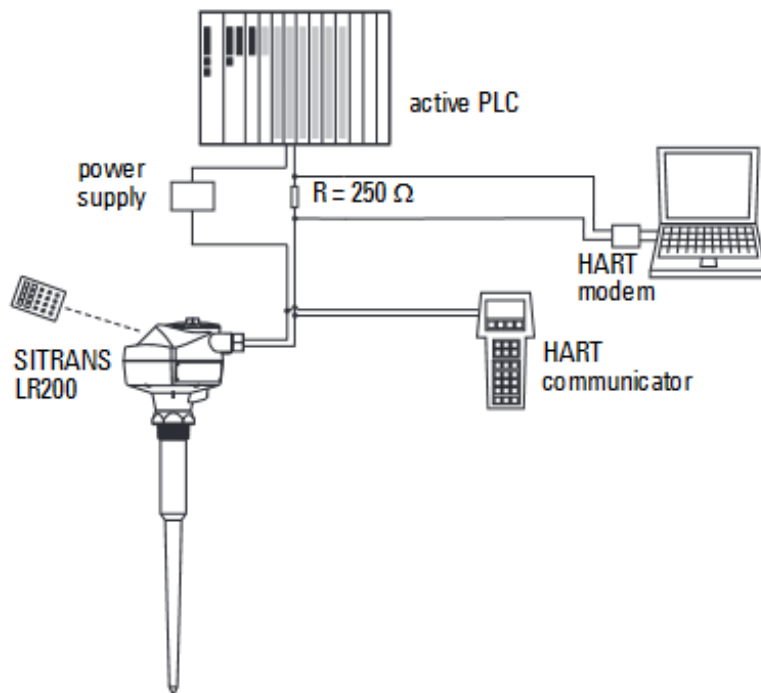


Рис. 2.21. - З'єднання по HART протоколу.

Основні технічні характеристики:

- Напруга живлення 24В з максимальним опором 550 Ом;
- Максимальний діапазон вимірювання 20 м;
- Мінімальний діапазон можливого вимірювання (опціонально / до 100мм);
- Аналоговий вихід з діапазоном сигналу 4-20 мА;
- Максимальна довжина комутаційного проводу 1500 м;
- характеристика температури технологічного процесу: (стрижень із поліпропілену від -40°C до +80°C і стрижень із політетрафторетилену або рупор від -40°C до +200°C);
- тиск всередині резервуару до 3 бар.

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

## Кондуктометричні сигналізатори рівня

Принцип дії кондуктометричних сигналізаторів рівня ґрунтується на замиканні електричного ланцюга електропровідним середовищем. За конструкцією кондуктометричний датчик подібний до ємнісного. До його складу входять два або більше електродів, одним з яких може бути металева сітка посудини, інший - металеві стрижні (електроди).

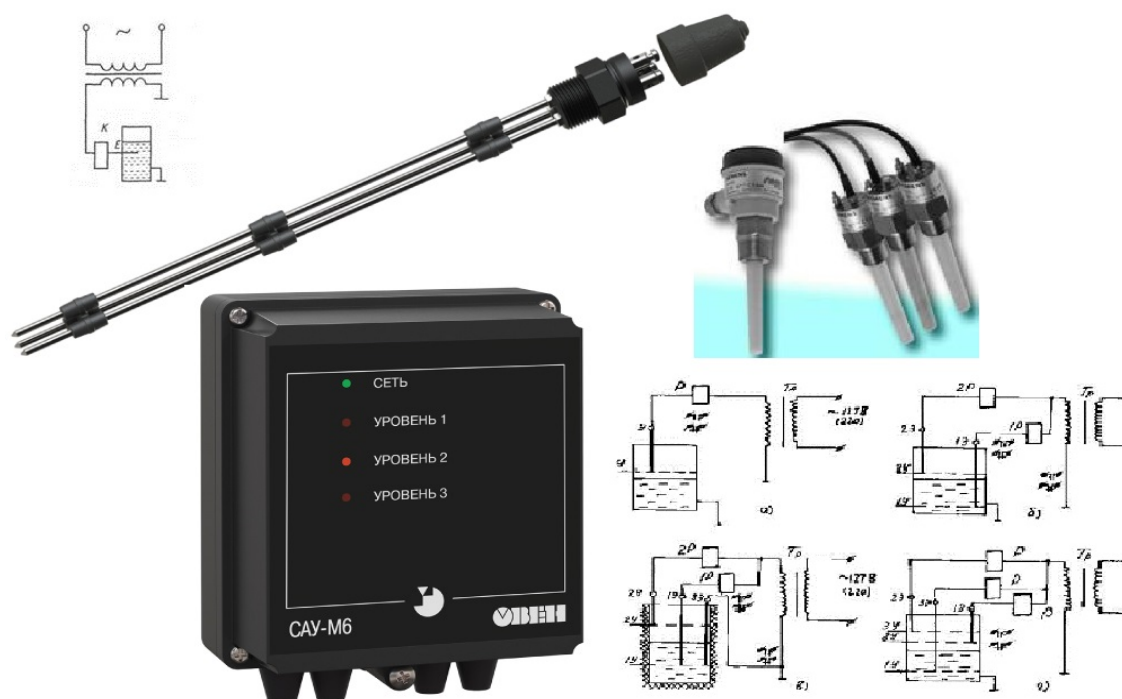


Рис. 2.22. - Приклад кондуктометричних сигналізаторів рівня.

Опціональні варіанти виконання приладів бувають: для контролю одного рівня, для контролю двох рівнів, для контролю двох рівнів і ємності з ізоляційного матеріалу, для контролю трьох рівнів. Конструктивно складаються з декількох основних елементів: електрод, реле, трансформатор.

Електроди встановлюються на відповідному рівні, досягнення якого потрібно сигналізувати. Однак, якщо в ємнісних сигналізаторах рівня при дотику електрода до поверхні рідини в посудині змінюється електрична ємність конденсатора, то в кондуктометричних сигналізаторах дотик електропровідної рідини до електрода приводить до замикання електричного ланцюга між стінкою

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

посудини та електродом, що призводить до спрацювання включеного в це коло релейного блоку.

*Переваги:*

- компактність, зручність монтажу, простота в обслуговуванні і точність вимірювань для однорідних фракцій без плаваючих компонентів;
- порівняно низька ціна обладнання;
- надійність, рухомі частини відсутні;
- простота принципу роботи та методу вимірювання (вимірювання для рідин з провідністю від 0.1 мкСм/см);
- можливість роботи в агресивних середовищах, при високих температурах і тисках (до + 200 °С та 160 кПа);
- нечутливість до рухомих середовищ та турбулентності;
- висока точність контролю заданих положень рівня ( $\pm 2$  мм).

*Недоліки:*

- Неможливість роботи з діелектричним середовищем (клейкими та сипучими речовинами);
- липкі та маслянисті речовини можуть створити на електродах непровідний шар, що виведе пристрій з ладу;
- безпосередній контакт з вимірюваним середовищем призводить до корозії і забруднення електродів, що знижує точність приладу;
- неможливість використання в забруднених та в'язких середовищах.

Висновок: даний тип приладів та метод вимірювання чудово підходить для використання в роботі. Кондуктометричні сигналізатори рівня є підходящим вибором для використання в змішувальних ємностях та збірниках постійної і періодичної дії, оскільки мають багато позитивних якостей пов'язаних з використовуваним середовищем, фізичними властивостями, варіативністю та зручністю різноманітних параметрів. Грунтуючись на технологічних параметрах процесу дефекосатурації, а також враховуючи високу точність, швидкодію та надійність, можна сказати, що цей метод вимірювання найбільш прийнятний для роботи з вапняковим молоком в контексті системи.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## Вимірювання рівня вапняного молока в збірнику

В кваліфікаційній роботі використано трьохканальний кондуктометричний сигналізатор рівня САУ-М6 разом з трьохелектродними датчиками ДС.П.3. в якості основного засобу вимірювання рівня вапняного молока.

Трьохелектродні кондуктометричні датчики ОВЕН ДС.П.3 призначені для контролю рівнів струмопровідних рідин у резервуарах закритого та відкритого типу. Електроди для кондуктометричного датчика ДС.П.3 виробляються з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т і по довжині мають наступні виконання: 0,5/1/1,95/1,95 з адаптером 2,5/3/3,5/4 м. Стрижні довжиною 1,95 м з адаптером мають різьблення з двох сторін, за рахунок чого забезпечується можливість збільшення довжини електрода до 10 метрів.



Рис. 2.23. - Зовнішній вигляд датчика з чутливими елементами (стержнями) ДС.П.3.

Кондуктометричні датчики ДС.П.3 застосовуються для сигналізації рівня рідини в металевих та неметалічних ємностях. Для контролю рівнів рідини у металевих резервуарах всі три електроди можуть бути сигнальними і, відповідно, контролювати до трьох рівнів, а функції загального електрода в

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

цьому випадку виконує стінка бака. У ємностях із непровідного матеріалу за допомогою одного датчика ДС.П.3 можна контролювати два рівні рідини.

Нижче наведено принцип підключення датчика до вторинного вимірювального приладу, варіанти монтажу, габаритні та конструктивні креслення засобу.

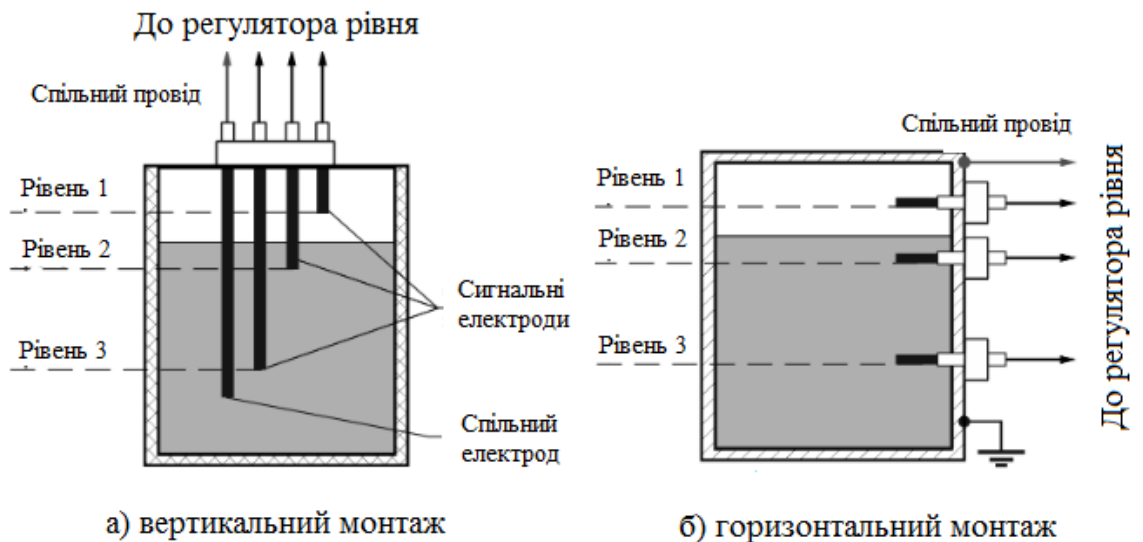


Рис. 2.24. - Варіанти монтажу датчика.

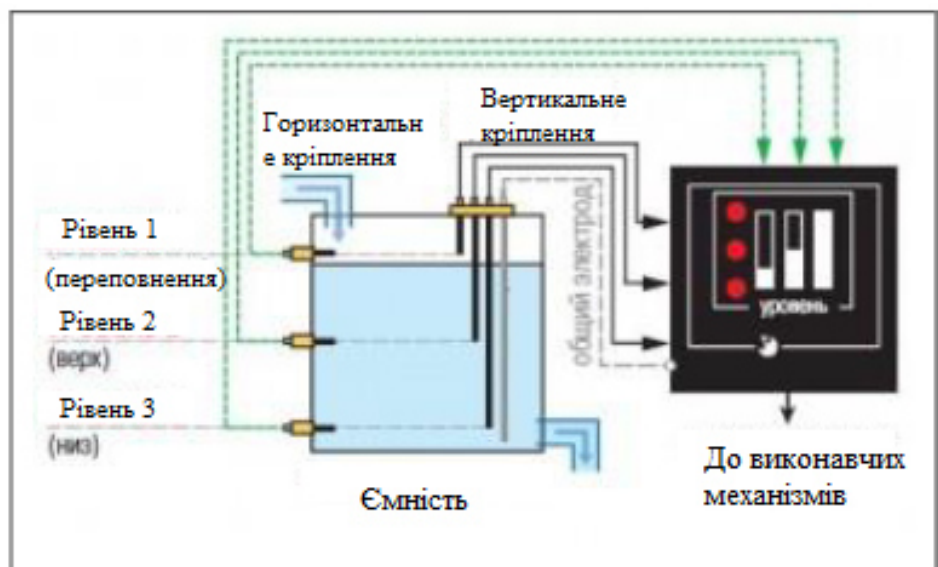


Рис. 2.25. - Реалізація підключення датчика до вторинного приладу.

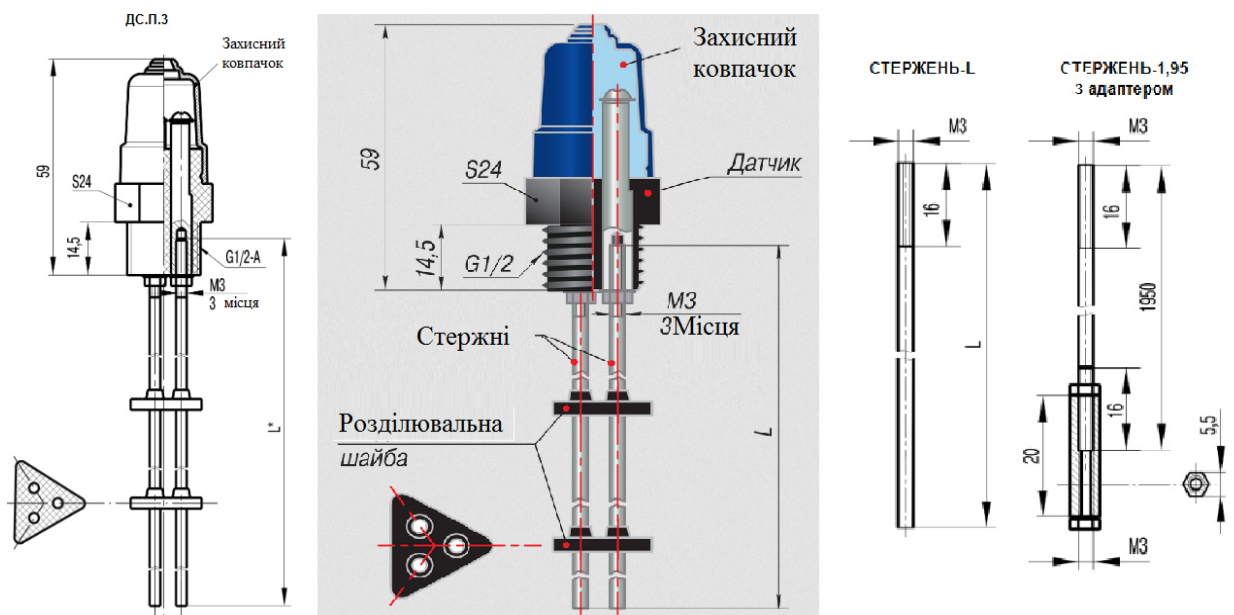


Рис. 2.26. - Габаритні розміри та конструктивні особливості ДС.П.3.

Основні технічні характеристики:

- Матеріал ізолятора: пластмаса;
- Матеріал електрода: 12X18Н10Т;
- довжина електрода: 0,5; 1; 1,95; 2,5; 3; 3,5; 4 м;
- Ступінь захисту: IP54;
- Робочий надлишковий тиск: не більше 2 МПа;
- Температура робочого середовища: не більше 70 °С;

### Сигналізатор рівня рідин трьохканальний САУ-М6.

Сигналізатор рівня рідини триканальний ОВЕН САУ-М6, розроблений для автоматизації технологічних процесів, пов'язаних з контролем та регуляцією рівня рідини. САУ-М6 - функціональний аналог пристроїв ESP-50 та ROS301. Пристрій випускається у варіанті настінного монтажного кріплення корпусу типу Н.

Функціональні можливості пристрою:

- Три незалежні канали контролю рівнів рідини в резервуарі;
- Можливість інверсії режиму роботи будь-якого каналу;

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

- Підключення різних датчиків рівня - кондуктометричних, поплавкових;
- Робота з різними рідинами в електричній провідності: дистильована, проточна, забруднена вода, молоко та харчові продукти (слабокислі, лужні тощо);
- Захист кондуктометричних датчиків від осадження солей на електродах завдяки їх змінній напрузі.



Рис. 2.27. - Зовнішній вигляд засобу САУ-М6.

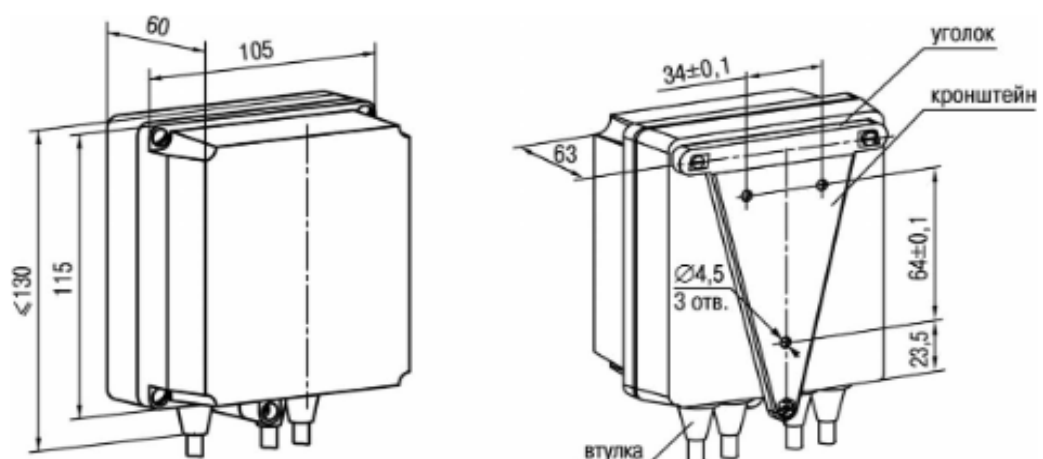


Рис. 2.28. - Габаритні розміри засобу САУ-М6.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

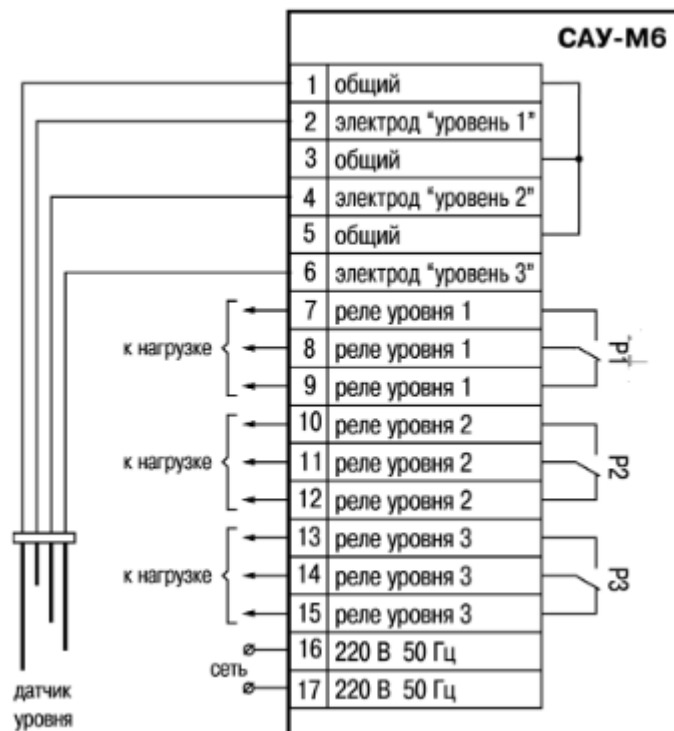


Рис. 2.29. - Схема підключення технічного засобу.

Основні технічні характеристики технічного засобу:

- Номінальна напруга живлення: 220 В з частотою 50 Гц;
- Споживана потужність: не більше 6 Вт;
- Кількість каналів контролю: 3;
- Кількість вихідних реле: 3;
- Ступінь захисту: IP44;
- Максимально допустимий струм, що комутується контактами вбудованого реле: 4 А при 220 В (50 Гц).

## 2.1.4. Контури вимірювання тиску

Тиск є одним із найважливіших параметрів технологічних і теплових процесів, який характеризує внутрішню енергію середовища та стан обладнання. Від величини тиску суттєво залежать режим і якість протікання технологічного процесу, тому виникає необхідність своєчасно контролювати і регулювати величину цього параметра.

Тиском називається сила, яка рівномірно й нормально діє на площу. За одиницю тиску в Міжнародній системі одиниць СІ прийнято Паскаль (Па) - тиск, за якого рівномірно й нормально діє сила в 1 Ньютон на площу 1 м<sup>2</sup>. Окрім того, на практиці використовуються і позасистемні одиниці:

- технічна атмосфера (ат), 1 ат = 1 кгс/см<sup>2</sup> = 98066.5 Па (≈ 100 кПа);
- міліметр ртутного стовпа (мм. рт. ст.), 760 мм рт. ст. ≈ 1 кгс/см<sup>2</sup>;
- метр водяного стовпа (м. в. ст.), 10 м. в. ст. Н<sub>2</sub>О ≈ 1 кгс/см<sup>2</sup>;
- бар, 1 бар ≈ 1 ат ≈ 1 кгс/см<sup>2</sup> ≈ 100 кПа.

Позначення кгс (кілограм-сила, позасистемна одиниця вимірювання сили (не входить в СІ)) - це сила, яка надає тілу масою 1 кг прискорення вільного падіння. На практиці тиск можуть вимірювати відносно двох різних точок: абсолютного нуля (вакууму), або атмосферного (барометричного) тиску.

Абсолютним тиском  $P_a$  називають повний тиск, який створює рідина чи газ, вимірюваний відносно абсолютного нуля (повного вакууму).

Барометричним (атмосферним) тиском  $P_b$  називають абсолютний тиск, який створює маса повітряного стовпа атмосфери. Значення вимірюваного атмосферного тиску залежить від природних умов та висоти над рівнем моря.

Надлишковим тиском  $P_n$  називають різницю між абсолютним тиском, який вище від атмосферного, і барометричним тиском :

$$P_n = P_a - P_b$$

Вакуумметричним тиском  $P_v$  називають різницю між барометричним і абсолютним тиском, який є меншим за атмосферний:

$$P_v = P_b - P_a$$

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

Надлишковий і вакуумметричний тиск вимірюється відносно атмосферного тиску. Якщо вимірюється різниця тисків, один з яких не є атмосферним, то кажуть про диференціальний тиск.

$$P_d = P_2 - P_1$$

За видом вимірюваної величини прилади для вимірювання тиску класифікують як:

- манометри - для вимірювання абсолютного і надлишкового тиску (0.06 - 1000 МПа);
- вакуумметри - для вимірювання вакуумметричного тиску (розрідження) (до мінус 100 кПа);
- мановакуумметри - для вимірювання надлишкового і вакуумметричного тиску;
- тягоміри - для вимірювання малого вакуумметричного тиску (до мінус 40 кПа);
- напороміри - для вимірювання малого надлишкового тиску (до 40 кПа);
- тягонапороміри - для вимірювання малого вакуумметричного і надлишкового тиску (до  $\pm 20$  кПа);
- барометри - для вимірювання барометричного тиску атмосферного повітря;
- диференційні манометри - для вимірювання різниці двох тисків.

За принципом дії розрізняють рідинні, деформаційні та електричні прилади.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

## Електричні манометри

Принцип дії електричних пристроїв для вимірювання тиску ґрунтується на перетворенні тиску чи вакууму на електричний параметр, який функціонально пов'язаний з тиском. До цієї групи приладів належать манометри опору, п'єзоелектричні, тензоелектричні та ємнісні пристрої.



**Метран 150**

Рис. 2.30. - Приклади електричних манометрів.

1. Манометри опору. Принцип роботи таких приладів ґрунтується на зміні електричного опору провідників під дією зовнішнього надлишкового тиску. найширше використовують манганін, температурний коефіцієнт опору якого дуже низький. Недоліком його є малий приріст опору на одиницю тиску. Тому за його допомогою вимірюють високий і надвисокий тиск (до 3000 МПа). Для вимірювання опору чутливого елемента використовують мостові схеми.

2. П'єзоелектричні манометри. Принцип дії ґрунтується на властивостях кристалічних речовин накопичувати електричні заряди на поверхні під дією

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

механічної сили (тиску). Це явище називається п'єзоефектом, яке характерне для кристалів кварцу, турмаліну, сегнетової солі, титану, барію та ін.

Вимірюваний тиск за допомогою мембрани перетворюється на зусилля, яке стискає кварцові пластинки. Електричний заряд, який виникає на металізованих площинах, відповідає зусиллю з боку мембрани.

Для виготовлення п'єзокристалічних датчиків найбільше використовують кварц, який має безінерційний п'єзоефект, механічну міцність, добрі ізоляційні властивості, і не гігроскопічний. Його п'єзоефект не залежить від температури до + 500 °С.

3. Тензорезисторні перетворювачі тиску. Тензорезисторні чутливі елементи являють собою металеву і (або) діелектричну вимірювальну мембрану, на якій розміщуються тензорезистори, з'єднані у схему врівноваженого моста з контактними площинами для підключення до внутрішньої або зовнішньої вимірювальної схеми.

Міст живиться від джерела живлення. Деформація мембрани під впливом зовнішнього тиску призводить до деформації і розбалансу моста, який вимірюється електронним блоком.

Першими електричними приладами для вимірювання тиску були манометри з напівпровідниковими тензоперетворювачами типу "Кристал". Поява гетероепіксіальних структур "кремній на сапфірі" КНС дала можливість розробити й впровадити у серійне виробництво тензорезисторні перетворювачі з високими метрологічними властивостями. Промисловістю освоєно випуск приладів із тензоперетворювачами "Сапфір-22" для вимірювання тиску, в яких тиск перетворюється на електричний сигнал (0-5, 4-20, 0-20 мА).

Конструктивно такий пристрій складається з чутливого елемента, що розміщений у металевому корпусі. Через ніпель підводиться тиск через роздільну мембрану та кремнійорганічну рідину до другої металевої мембрани чутливого елемента. На поверхню пружної мембрани нанесено сапфіровий ізоляційний шар, а на нього - кремнієві тензорезистори із вихідними провідниками до вимірювального блока.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Основними позитивними якостями перетворювачів "Сапфір-22" є використання малих деформацій чутливих елементів, надійність, безінерційність, стабільність характеристик, компактність, вібро- та термостійкість. Похибку вимірювання можна знизити до 0.1 %.

4. Ємнісні перетворювачі тиску. Використовують конструкцію, в якій як чутливий елемент використовується металева мембрана, яка створює одну пластину конденсатора і переміщується відносно іншої нерухомої пластини конденсатора, закріпленої на ізоляторі. Коли змінюється тиск, то змінюється положення металевої мембрани і, відповідно - електрична ємність штучно створеного конденсатора.

*Загальні переваги електричних манометрів:*

- широке різноманіття вимірюваних тисків та діапазонів;
- висока точність та швидкодія (низькі похибки вимірювань);
- малі габарити, компактність, простота обслуговування;
- хороше співвідношення ціна-якість;
- висока надійність, вібро- та ударостійкість, довговічність роботи;
- робота з уніфікованими сигналами та можливість прямої взаємодії з мікропроцесорними системами керування та реєстрації.

*Переваги манометрів опору:* можуть застосовуватись для вимірювання високих та надвисоких тисків; великий діапазон (до 3000 МПа); Похибка не перевищує 1.5 %.

*Недоліки манометрів опору:* манометри опору мають малий приріст опору на одиницю тиску; залежність показів приладу від інтенсивності та межі змін температурних показників вимірюваного середовища.

*Переваги п'єзоелектричних манометрів:* п'єзоэффект не залежить від температур до + 500 °С; хороші ізоляційні властивості та діапазон вимірювань до 40 МПа; Похибка в межах  $\pm 1.5 - 2$  %; безінерційний п'єзоэффект, що дозволяє застосовувати їх в швидкоплинних процесах.

*Недоліки п'єзоелектричних манометрів:* неможливість використання при надвисоких температурах через втрату властивостей п'єзоелектричних

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

матеріалів; потреба в проміжних підсилювачах для невеликого вихідного сигналу.

*Переваги тензорезисторних перетворювачів тиску:* характерні малі деформації чутливих елементів, надійність, безінерційність, стабільність показників, компактність, вібро- та термостійкість; діапазон вимірювань до 100 МПа; Похибка в межах  $\pm 0.1 - 0.5 \%$ ; хороша захищеність чутливого елемента, порівняно низька вартість.

*Недоліки тензорезисторних перетворювачів тиску:* нелінійність характеристик (для напівпровідникових датчиків); вузький діапазон температур працездатності від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Переваги ємнісних перетворювачів тиску:* висока чутливість, мала маса, простота конструкції та стабільність показів; діапазон вимірювань до 50 МПа; Похибка в межах  $\pm 0.5 - 1 \%$ ; широкий діапазон температур працездатності від  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Недоліки ємнісних перетворювачів тиску:* великий внутрішній опір, через що виникає необхідність використання додаткових екрануючих елементів; сильний вплив вологості, температурних коливань та забрудненості навколишнього середовища на роботу приладу.

*Загальні недоліки електричних манометрів:*

- необхідність джерела живлення для роботи;
- необхідність індивідуального градуювання.

Висновок: даний тип приладів та метод вимірювання чудово підходить для цілей кваліфікаційної роботи. Варіативність типів електричних манометрів дозволяє підбирати їх під будь-які вимоги. Ґрунтуючись на технологічних параметрах процесу дефекосатурації, а також враховуючи високу точність, швидкодію, малі похибки, та зручність використання в автоматизованих системах, можна сказати, що цей метод вимірювання є оптимальним. Найліпшим варіантом є використання п'єзоелектричних манометрів або ємнісних перетворювачів тиску в підсистемі трубопроводів для контролю та регулювання подачі сатураційного газу CO<sub>2</sub> на дільницю.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

## Вимірювання тиску в системі трубопроводу сатураційного газу CO<sub>2</sub>

Датчики тиску Метран-150 фірми Emerson призначені для вимірювання тиску надлишкового, абсолютного, різниці тиску, гідростатичного тиску. Датчики забезпечують безперервне перетворення тиску в аналоговий вихідний сигнал постійного струму та/або цифровий вихідний сигнал у стандарті протоколу HART.

Призначені для вимірювання тиску робочих середовищ: рідини, пара, газ в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами в різних галузях промисловості (у тому числі в харчовій промисловості при контакті з харчовими продуктами та питною водою), а також на морських судах, плавучих бурових установках та морських стаціонарних платформах. Датчики пропонуються з різними варіантами та конфігураціями, включаючи матеріали конструкції, придатні для різних умов застосування.



Рис. 2.31. - Зовнішній вигляд датчика тиску Метран-150.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Датчики з HART-протоколом можуть передати інформацію про вимірювану величину в цифровому вигляді двопровідної лінії зв'язку разом з сигналом постійного струму 4-20 мА. Цей цифровий сигнал може прийматися та оброблятися будь-яким пристроєм, який підтримує протокол HART. Цифровий вихід використовується для зв'язку датчика з портативним ручним HART-комунікатором або персональним комп'ютером через стандартний послідовний порт і додатковий HART-модем, при цьому може виконуватися читання вимірюваного тиску, налаштування датчика, вибір його основних параметрів, перебудова діапазонів вимірювань, коригування "нуля" та ряд інших операцій. HART-протокол допускає в системі наявність двох керуючих пристроїв: системи управління та ручного комунікатора. Ці два керуючі пристрої мають різні адреси, отже, Метран-150 може розпізнати та виконати команди кожного з них.

Таким чином, по двопровідному зв'язку передається два типи сигналів - аналоговий сигнал 4-20 мА та цифровий сигнал на базі протоколу HART, який накладається на аналоговий вихідний сигнал датчика, не впливаючи на нього.

Основні технічні характеристики засобу Метран-150CGR:

- Діапазон вимірюваних тисків:
  - мінімальний 0 - 0,025 кПа;
  - максимальний 0 - 68 МПа;
- Вихідні сигнали: 4-20 мА з HART-протоколом, 0-5 мА;
- основна приведена похибка вимірювань до  $\pm 0,075$  % (опціонально  $\pm 0,2$ - $0,5$  % від діапазону);
- діапазон температур навколишнього середовища: від -40 до +80 °С;
- живлення здійснюється від джерела постійного струму, напругою:
  - 12-42 В - для вихідного сигналу 4-20 мА;
  - 22-42 В - для вихідного сигналу 0-5 мА.

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

Таблиця 2.2. Вимірювані межі тиску та налаштування для 150CGR.

Модель	Код діапазону вимірювань	Мін. діапазон вимірювань, $P_{\min}$		Макс. діапазон вимірювань, $P_{\max}$		Макс. діапазон вимірювань, кПа	Тиск перегрузки, МПа
		кПа	МПа	кПа	МПа		
1	2	3		4		5	6
150CGR	1	0,125	-	6,2	-	-6,2-6,2	10
	2	0,622	-	62,0	-	-62-62	4**, 25
	3	2,500	-	250,0	-	-97,85*-250	
	4	-	0,0207	-	2,068	-97,85*-2068	
	5	-	0,1379	-	13,789	-97,85*-13789	25

\* Для атмосферного тиску 101,3 кПа.

\*\* Для датчиків з кодами фланців рівня FE, FF.

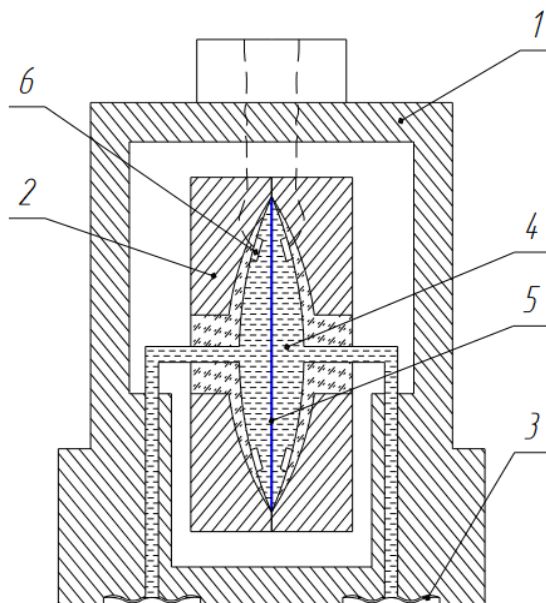


Рис. 2.32. - Конструктивні особливості чутливого елемента моделі Метран-150CGR.

1-корпус, 2-ємнісна вимірювальна комірка, 3-розділювальна мембрана, 4-розділювальна рідина, 5-вимірювальна мембрана, 6-конденсатор.

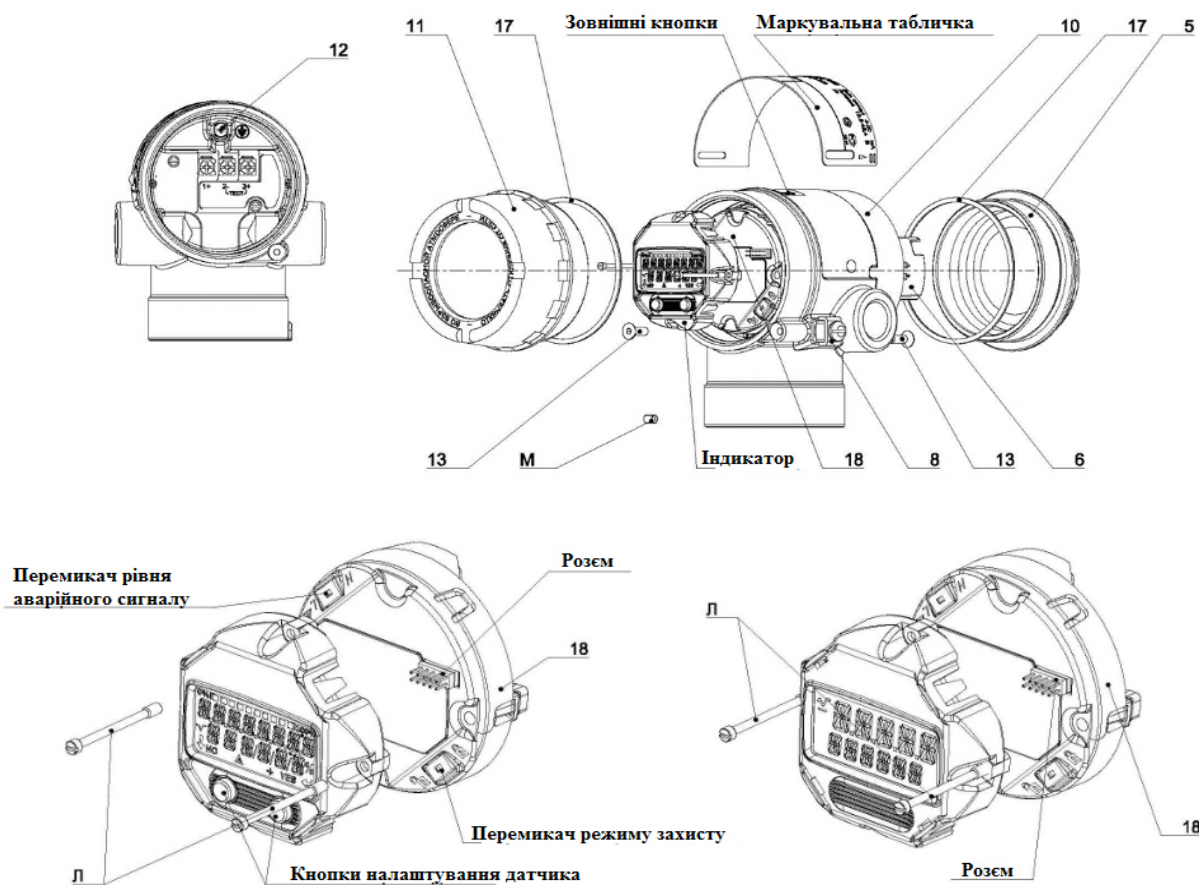


Рис. 2.33. - Конструктивні особливості електронного перетворювача.

10-корпус, 5, 11-кришки, 17-ущільнюючі кільця, 12, 13-гвинти, 6-клемна колодка, 8-вузол зовнішнього заземлення, 18-мікропроцесорна плата, Л-додаток відображення повідомлень діагностики.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

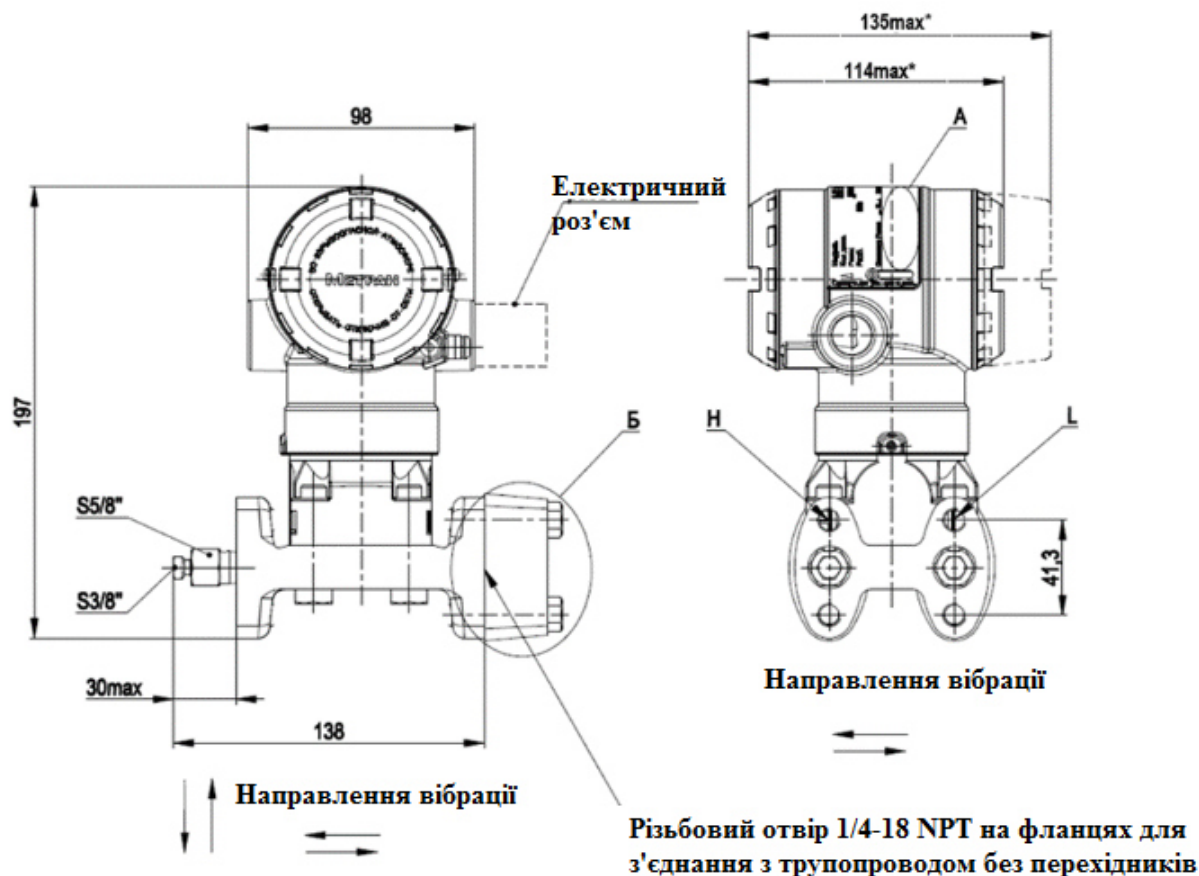


Рис. 2.34. - Габаритні розміри засобу Метран-150CGR.

Н і L - маркування провoda тиску на корпусі датчика: Н відповідає більшому тиску; L відповідає меншому тиску. Варіанти монтажу фланців (виносний елемент Б).

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

## 2.1.5. Контури вимірювання значення рН

Водневий показник (рН) - величина, що показує міру активності іонів водню в розчині, тобто ступінь кислотності або лужності цього розчину. Для розведених розчинів користуються терміном «концентрація» замість «активність» у цьому визначенні. рН нейтрального розчину становить 7, розчини із більшим значенням водневого показника є лужними, із меншими - кислими. Величина в.п. (рН) розчину залежно від вираження концентрації іонів Гідрогену має різне значення. Термодинамічну активність іонів  $H^+$  у розчині визначити неможливо, можна лише встановити їх середню іонну активність  $a_{\pm}$  і середній коефіцієнт активності електроліту  $\gamma_{\pm}$ , якщо концентрація виражена молярною концентрацією  $m$ .

Таблиця 2.3. Шкала рН водного розчину при 25 °С

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Середовище	Кислий розчин							Нейтральний розчин	Лужний розчин						

### Потенціометричний метод вимірювання рН

Метод ґрунтується на вимірюванні електричного потенціалу при розміщенні спеціальної електродної системи в аналізованому розчині. ЕРС електродної системи пов'язана з активністю іонів водню в розчині та температурою. Електродна система конструктивно складається з двох електродів: вимірювального, потенціал якого залежить від активності (концентрації) іонів водню в розчині, і порівняльного (допоміжного), потенціал якого під час вимірювання залишається сталим і розміщується він у насиченому розчині хлористого калію (KCl).

Промисловість випускає датчики погружного та проточного типу. Саме такі датчики доцільно використати в роботі.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

*Переваги:* температурна компенсація, висока роздільна здатність та точність (від 0.1 до 0.01 рН; похибка не перевищує  $\pm 0.05$  рН); компактність, простота експлуатації та монтажу; можливість детального калібрування приладу; можливість неперервного вимірювання рН (стандартний діапазон 0...14 рН); робота з уніфікованими сигналами та можливість прямої взаємодії з мікропроцесорними системами керування та реєстрації; діапазон допустимих температур робочого середовища до 0...150 °С і вище (залежить від модифікацій та типу приладу).

*Недоліки:* необхідність періодичної очистки або заміни датчиків (при роботі із забруднюючими або клейкими речовинами); в деяких моделях відсутня можливість окремого обслуговування або заміни датчиків; залежність точності вимірювань від температури; висока вартість якісного обладнання; чутливість приладу до механічних пошкоджень.

**Висновок:** Потенціометричний метод вимірювання величини рН та використання компенсаційних промислових рН-метрів є найкращим вибором для контролю та регулювання процесів цукрового виробництва. Дані прилади мають багато позитивних якостей пов'язаних з використанням середовищем, фізичними властивостями, та зручністю різноманітних параметрів. Ґрунтуючись на технологічних параметрах та вимогах процесу дефекосатурації, а також враховуючи точність, малі похибки, простоту та зручність використання в автоматизованих системах, можна сказати, що цей метод вимірювання найбільш прийнятний для даної технологічної ділянки.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

## Вимірювання значення рН соку

рН-метр промисловий рН-4131 призначений для вимірів активності іонів водню (рН) і окислювально-відновного потенціалу (ОВП) у водних розчинах, а також температури аналізованої рідини. рН-4131 є одноканальним пристроєм для виміру одного основного параметра, вимірюваного у вигляді електрорушійної сили (ЕРС), що подається на основний вхід: це безпосередньо ЕРС, рН або ОВП. Додатковим вхідним сигналом є температура, яка вимірюється другим входом і призначена для забезпечення термокомпенсації при обчисленні рН.

рН-метр має одноблочне виконання, тобто складається з одноблочного вимірювального перетворювача (вторинний прилад) настінного виконання і електродної системи (чутливий елемент / датчик). Електродна система є комбінованим рН-електродом або ОВП-електродом. Електрод, як правило, встановлюється в арматуру, яка забезпечує підключення його до технологічного процесу. Арматура буває проточна, погрузна і магістральна.



Рис. 2.35. - Зовнішній вигляд засобу рН-4131.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Основні технічні характеристики:

- Кількість каналів вимірювання: 1;
- Діапазон вимірювання: від 0 до 14 рН;
- Діапазон вимірювання: ОБП від -1500 до +1500 мВ;
- Діапазон вимірювання температури рідини: від 0 до 95 °С;
- Можливість використання рН-електродів: 102010, ASP, Polilyte, ID, ЭСК-1, ЭС-71, SZ, ЭВЛ-1МЗ.1;
- межі допустимої абсолютної похибки від  $\pm 0,05$  до  $\pm 0,1$  рН;
- кількість аналогових вихідних сигналів: 2;
- вихідні уніфіковані аналогові сигнали по струму: 0-5, 0-20, 4-20 мА;
- кількість дискретних вихідних сигналів: 1;
- робота каналного протоколу Modbus RTU та стандарту RS-485;
- Живлення від мережі змінного та постійного струмів (220 В, 50 Гц / 24В);
- Споживана потужність 15 Вт.

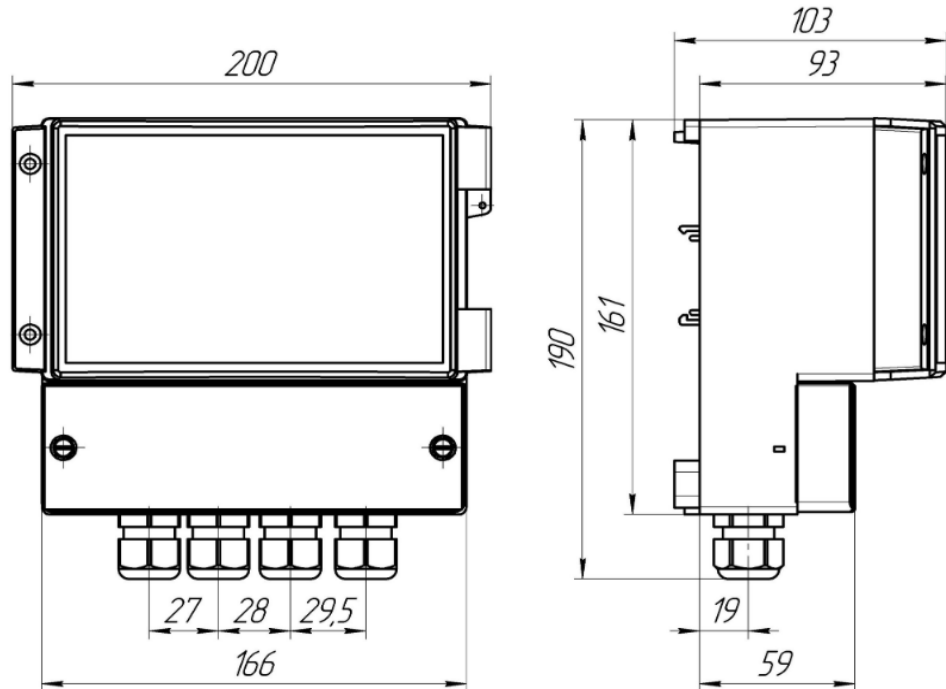


Рис. 2.36. - Габаритні та монтажні розміри приладу рН-4131.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

В якості чутливого елемента використаємо комбінований рН-електрод ASPB VP 3151. Максимальна допустима температура вимірюваного середовища визначається характеристиками самого електрода. Такий електрод застосовується в технологічних процесах, промислових та побутових стічних водах, гальваніці та сильно лужних середовищах.



Рис. 2.37. - Зовнішній вигляд рН-електрода ASPB VP 3151.

Основні характеристики рН-електрода ASPB VP 3151:

- Діапазон робочих температур:  $-5 \dots +110 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Діапазон тиску вимірюваного середовища: до 6 бар;
- Мінімальна провідність:  $1 \text{ мкс/см}$ ;
- Різьба для монтажу:  $\text{Pg}13.5 \text{ ''}$ ;
- Датчик температури: Pt100;
- Діафрагма: кільце PTFE.

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

## 2.1.6. Електропневматичні перетворювачі, запірна арматура та промислові насоси

### Електропневматичні перетворювачі

Для керування пневматичними клапанами та запірною арматурою на ділянці в роботі використано електропневматичні перетворювачі (ЕПП) АСТРА-ЭП-1. Зовнішній вигляд засобу наведено на рис. 2.39. Такі перетворювачі призначені для перетворення вхідних електричних сигналів в уніфіковані пневматичні сигнали. Таким чином електричні сигнали 0-5, 0-20, 4-20 мА перетворюються на тиск повітря 20-100 кПа. Принцип дії ґрунтується на методі силової компенсації, при якому момент, який розвивається котушкою, пропорційний вхідному сигналу і компенсується моментом сили, який розвивається сильфоном зворотного зв'язку.



Рис. 2.38. - Зовнішній вигляд перетворювачів АСТРА-ЭП.

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

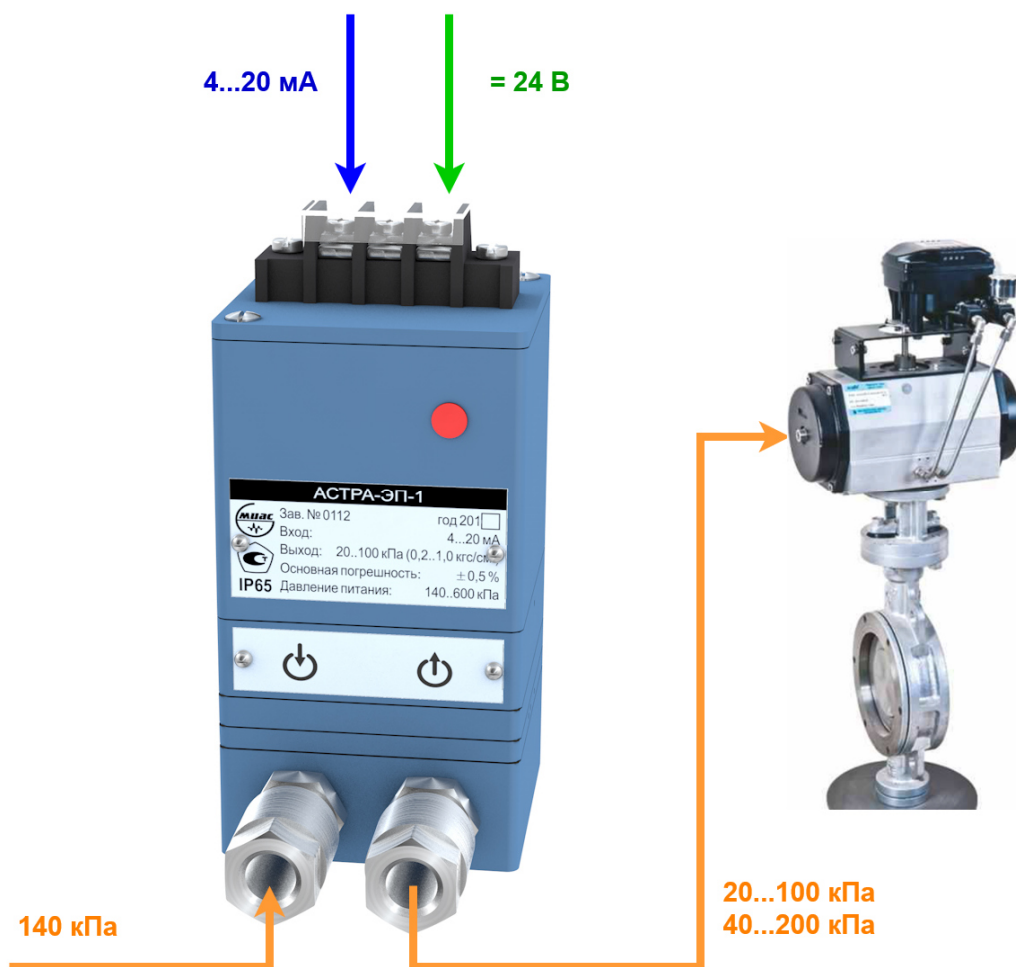


Рис. 2.39. - Принцип з'єднання ЕПП АСТРА-ЭП-1 та регулюючого клапана.

Основні технічні характеристики засобу:

- Вхідний уніфікований струмовий сигнал: 4-20 мА
- Тиск живлення: 140 кПа;
- Напруга живлення: 9...36 В від мережі постійного струму;
- Вихідні уніфіковані пневматичні сигнали: 20...100 кПа / 40...200 кПа;
- Межа допустимої похибки перетворення:  $\pm 0,5\%$
- Максимальна витрата повітря: 32 л/хв

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

## Виконавчі механізми та регулюючі органи

В системах автоматизації різноманітні клапани, заслінки, дроселі, затвори, крани і т. п. є основними механізмами, що безпосередньо впливають на переміщення матеріальних потоків по підсистемах дільниць. Також регулюють пропускну здатність трубопроводів і відповідно кількість або витрату речовин.

Загалом запірну арматуру можна описати двома основними складовими - виконавчі механізми та регулюючі органи. Залежно від роду енергії, яка використовується виконавчим механізмом, вони поділяються на електричні, пневматичні та гідравлічні. В системах автоматизації процесів харчових виробництв використовуються в основному електричні та пневматичні виконавчі механізми.

Найпростіші електромагнітні ВМ (соленоїдні) мають одні електромагнітну котушку. Коли на неї подається управляючий сигнал у вигляді постійного або змінного струму, шток втягується в котушку соленоїда, і клапан повністю відкривається. Коли управляючий сигнал знімається, шток під дією зворотної пружини повертається у вихідний стан, і клапан закривається.

Більш поширеними, ніж електромагнітні, є електродвигунні виконавчі механізми. Ці ВМ реалізують керуючу дію типових законів регулювання в імпульсній формі, тобто, коли переміщення вихідного елемента ВМ відбувається за рахунок короткочасних включень електродвигуна в той чи інший бік з певною відповідністю між тривалістю станів включення та відключення.

Пневматичні виконавчі механізми працюють на енергії стисненого повітря. Для підключення пневматичних ВМ до керуючих пристроїв з уніфікованими електричними вихідними сигналами необхідно використовувати спеціальні електро-пневмоперетворювачі для перетворення цих електричних сигналів в уніфікований пневматичний сигнал. Найбільше розповсюдження отримали мембранні ВМ, у яких перестановочне зусилля хоча б в одному напрямку створюється тиском командного повітря, яке змінюється в межах 20-100 кПа.

Регулюючі органи призначені для зміни витрати речовини або енергії до об'єкта регулювання шляхом зміни його пропускну здатності. РО складається з

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

двох основних частин: затвора - рухомої частини РО, переміщенням якої досягається зміна прохідного перерізу і, відповідно пропускної здатності; сідла - нерухомої частини РО, яка утворює разом із затвором прохідний переріз.

Пропускна здатність залежить від типу та розміру РО і ходу його затвору. Максимальну величину пропускної здатності, яка відповідає повністю відкритому РО, називають умовною пропускною здатністю.

У системах автоматичного регулювання використовуються регулюючі органи таких типів: односідельні та двосідельні клапани, заслінки, шарові крани, засувки, шлангові й діафрагмові РО та ін.

Для регулювання подачі та переміщення дифузійного соку, вапняного молока та сатураційного газу в системі очистки використано пневматичний дисковий поворотний затвор Ecoflo-BT PN-16. Зовнішній вигляд засобу наведено на рис. 2.41.



Рис. 2.40. - Варіанти виконання дискового поворотного затвору Ecoflo-BT PN-16.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Основні технічні характеристики засобу:

- температура робочого середовища:  $-60...+220\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Клас тиску: PN16 (номінальний тиск  $1,6\text{ МПа} / 16,0\text{ кгс/см}^2$ );
- Вхідний уніфікований пневматичний сигнал:  $2...100\text{ кПа}$ ;
- Вихідний сигнал:  $0-100\text{ \% ХРО}$ ;
- Можливість використання ручного приводу;
- Діапазон умовних діаметрів (ДУ) проходу:  $50-500\text{ мм (2"-20")}$ .

### Промислові насоси

Насос - гідравлічна машина, що перетворює механічну енергію приводного двигуна в енергію потоку рідини, що служить для переміщення і створення напору рідин всіх видів, механічної суміші рідини з твердими і колоїдними речовинами або зріджених газів.

Насосний агрегат (НА) - це сукупність насоса, електроприводу і передавального механізму (муфта, редуктор, шків). Це та категорія обладнання, що використовується в багатьох галузях промисловості для промивання, відкачування, подачі різноманітних рідин та газів.

Традиційно для електроприводу насосів використовують асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором - АДКР. Короткозамкнені асинхронні електродвигуни є найбільш підходящим електроприводом для невеликих насосів вони значно дешевше електродвигунів всіх інших типів і, що дуже істотно, обслуговування їх набагато простіше.

В кваліфікаційній роботі, для досягнення цілей сокоочисного відділення, використані пневматичні мембранні насоси FDM 40 від компанії FLUX. Зовнішній вигляд засобу наведено на рис. 2.42.

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



Рис. 2.41. - Зовнішній вигляд мембранного насоса FDM 40.

Основні технічні характеристики засобу:

- Максимальний робочий тиск до 0.8 МПа;
- Максимальна продуктивність (подача): 450 л/хв;
- Найбільший розмір твердих частинок (для забруднених середовищ): 6.4 мм;
- Робоча температура середовища: від -10 до +100 °С;
- Напруга живлення 380 В.

Також для управління (пуску, зупинки, реверсування) та захисту електродвигунів насосів в роботі використано трьохполюсний магнітний пускач-контактор ВF0910D220 фірми LOVATO Electric. Такі контактори застосовуються для комутації електричних ланцюгів живлення двигунів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90



Рис. 2.42. - Магнітний пускач-контактор BF0910D220.

Основні технічні характеристики засобу:

- Номінальна управляюча напруга: 220V DC;
- Номінальний струм: 9 А;
- Максимальна потужність комутації: 4,2 кВт;
- Кількість силових полюсів: 3;
- Робоча температура: від -50 до +70 °С;
- Механічна зносостійкість: до 20 млн. циклів;
- Допоміжний контакт 1 НО;
- Напруга живлення котушки: 220V DC

#### Блок ручного управління

Блок аналогового апарату може розташовуватися біля самого пристрою, або на пульті управління. Він є зв'язком між сигнальним авторегулятором і облаштуванням виконання. Якщо автоматика виходить з ладу, то прилад дозволяє перейти на процес ручного управління. БРУ призначений для вибору виду керування виконавчим механізмом (автоматичне або ручне), здійснення

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

візуального контролю за положенням вихідного валу механізму, здійснення світлової індикації положення елементів ланцюгів управління.

В кваліфікаційній роботі використано БРУ-7К1 (рис. 2.44) фірми MICROL в якості резервного варіанту керування системою подачі старураційного газу в систему. Відповідно за допомогою даного засобу можливо здійснювати регулювання тиску в трубопроводі CO<sub>2</sub>.

Функціональні можливості: цифрове калібрування вимірювального каналу; масштабування шкал вимірюваних параметрів в довільних технологічних одиницях; цифрова фільтрація; витягання квадратного кореня; лінеаризація вхідного сигналу по 16 точкам; технологічна сигналізація на передній панелі відхилення від уставок мінімум і максимум; світлодіодна індикація режиму управління ручний/автомат; збереження параметрів при відключенні живлення; захист від несанкціонованої зміни параметрів; гальванічно розділений інтерфейс RS-485, протокол ModBus RTU (збір інформації, конфігурація).



Рис. 2.43. - Блок ручного управління 7К1.

Основні технічні характеристики засобу:

- кількість аналогових входів: 1;
- типи вхідних сигналів: 0-5 мА, 0(4)-20 мА, 0-10 В;
- наявність гальванічної ізоляції входів і виходів ві внутрішніх ланцюгів;
- основна приведена похибка перетворення:  $\pm 0,2\%$ ;
- кількість аналогових виходів: 1;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

- типи вихідних аналогових сигналів: 0-5 мА, 0(4)-20 мА, 0-10 В;
- живлення: 24 В постійного струму;
- споживана потужність не більше 7,0 Вт;
- струм споживання до 270 мА

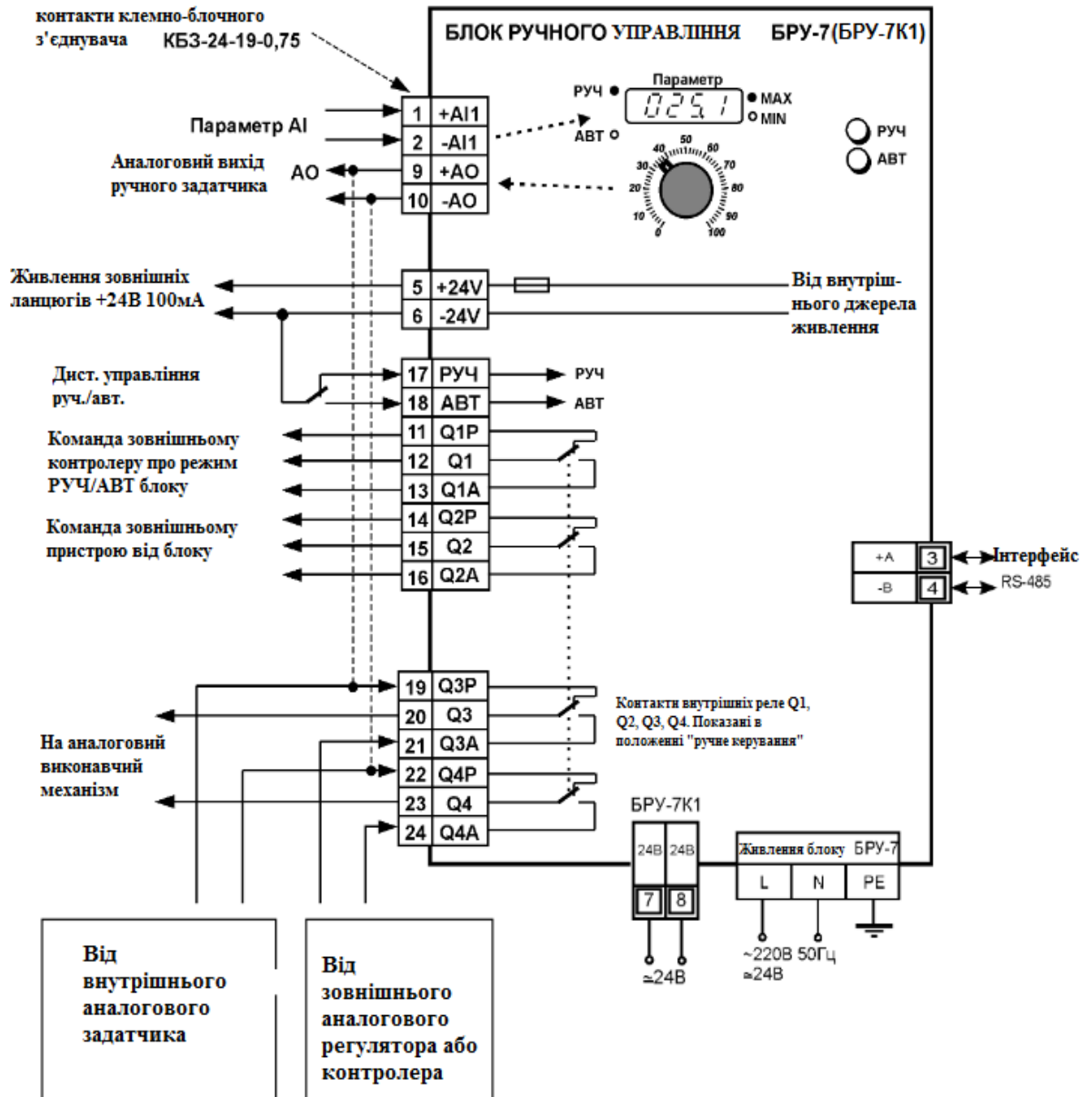


Рис. 2.44. - Схема функціональних елементів та підключень БРУ-7К1.

## Блоки живлення

Для підключення всіх необхідних засобів автоматизації до мережі живлення, в роботі використано модульні блоки живлення ABLM1A24025 (рис. 2.46.) від компанії Schneider Electric.



Рис. 2.45. - Модульний блок живлення ABLM1A24025.

Основні технічні характеристики засобу:

- номінальна вхідна напруга: 100...240 В для одно- та двофазного змінного струму;
- номінальна потужність: 60 Вт;
- Вихідна напруга: 24 В постійного струму;
- Вихідний струм: 2,5 А;
- Межа вхідної напруги: 90...264 В змінного струму;
- частота мережі: 50...60 Гц;
- регульована вихідна напруга: 24...28 В.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

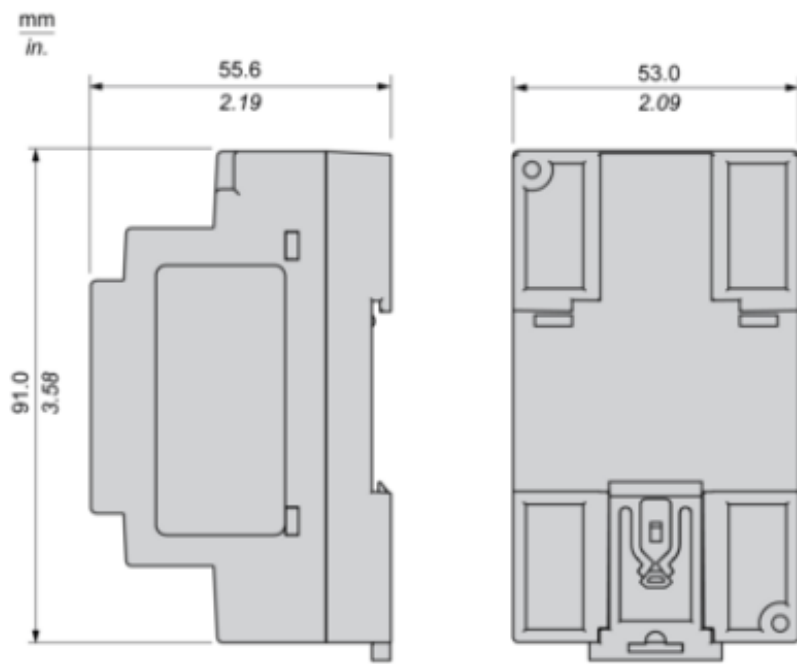


Рис. 2.46. - Габаритні розміри приладу.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

## 2.2. Схема автоматизації

На схемі автоматизації процесу очищення дифузійного соку при виробництві цукру-піску відбувається:

- управління кількістю та співвідношенням вхідних потоків дифузійного соку та вапняного молока на дільниці;
- контроль та управління рівнем речовин в проміжних збірниках;
- регулювання тиску в системі трубопроводу сатураційного газу;
- контроль температурних показників в гарячих дефекаторах;
- контроль та регулювання значення рН після етапів переддефекації та сатурації;
- керування клапанами та насосними установками.

Розглянемо схему автоматизації відділення дефекосатурації (креслення № 1).

Вимірювання кількості дифузійного соку та вапняного молока, що надходять в дільницю відбувається витратомірами Sitrans FC Massflo фірми Siemens, що складаються з сенсора витрати MASS 2100/M (поз. 1а, 2а) та вимірювального мікропроцесорного перетворювача MASS 6000 (поз. 1б, 2б). Прилади з'єднані між контурами з метою надання та порівняння інформації в ПЛК для дотримання встановленого співвідношення. Регулювання витрати відбувається за допомогою пневматичних дискових затворів Ecoflo-BT PN-16 (поз. 1г) та (поз. 2г), що слугують для подачі матеріальних потоків. Затвори приводяться в дію електропневматичними перетворювачами АСТРА-ЕП-1 (поз. 1в) та (поз. 2в), що отримують уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від ПЛК.

Вимірювання кількості соку циркуляції відбувається також за допомогою витратоміра Кориоліса Sitrans FC Massflo (поз. 3а) та регулюється пневматичним клапаном подачі Ecoflo-BT PN-16 (поз. 3г). Сама подача відбувається в прогресивний переддефекатор. Пневматичний клапан приводиться в дію електропневматичним перетворювачем АСТРА-ЕП-1 (поз. 3б), що керується уніфікованим електричним сигналом від ПЛК.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

Вимірювання рівня в збірнику вапняного молока відбувається за допомогою кондуктометричного сигналізатора рівня САУ-М6 (поз. 4г) разом з трьохелектродними датчиками ДС.П.3. в якості чутливого елемента (поз. 4а, 4б, 4в). Сигналізатор передає інформацію в ПЛК, який в свою чергу формує управляючий уніфікований сигнал на електропневматичний перетворювач АСТРА-ЭП-1 (поз. 4д), щоб привести в дію затвор (клапан) (поз. 4е), який безпосередньо контролює подачу вапняного молока в збірник.

Неперервне вимірювання рівня соку першої та другої сатурації в проміжних збірниках реалізується за допомогою радарного рівнеміра Sitrans LR200 (поз. 6а, 7а). Технічний засіб передає аналоговий сигнал з діапазоном 4-20 мА в програмований логічний контролер, який в свою чергу посилає управляючу дію на електропневматичні перетворювачі АСТРА-ЭП-1 (поз. 6б, 7б). Виконується аналогове керування клапанами Ecoflo-BT PN-16 (поз. 6в, 7в), для регулювання кількості соку, що направляється в підсистеми сатурації.

Контроль та регулювання тиску в трубопроводі сатураційного газу здійснюється за допомогою електричного манометра Метран-150CGR фірми Emerson (поз. 8а, 8б). Манометр здатний формувати вихідні сигнали 4-20 або 0-5 мА та по HART протоколу зв'язуватись з іншими пристроями в мережі. Після отримання аналогового значення ПЛК формує управляючу дію на ЕПП (поз. 8в), який в свою чергу передає уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа на клапан (поз. 8д). Таким чином регулюється подача CO<sub>2</sub> в підсистему трубопроводу на дільниці. Також передбачене ручне дистанційне управління заслінкою за допомогою блоку ручного управління (поз. 8г).

Вимірювання, контроль та регулювання рН в переддефекаторі та переливних ящиках після сатураторів здійснюється рН-електродами ASPB VP 3151 (поз. 5а, 9а, 10а) та потенціометричним рН-метром рН-4131 (поз. 5б, 9б, 10б). рН-4131 здатний формувати вихідні уніфіковані аналогові сигнали по струму: 0-5, 0-20, 4-20 мА і таким чином зв'язуватись з ПЛК. Управляюча дія від ПЛК направлена через ЕПП (поз. 5в, 9в, 10в) на клапани Ecoflo-BT PN-16 (поз. 5г, 9г, 10г) матеріальних потоків у апарати. Таким чином, у разі відхилення від

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

заданих якісних характеристик, передбачено відкриття клапанів та додаткова обробка газом або вапняним молоком чи навпаки повне перекриття подачі речовин.

Контроль температурних показників у гарячих дефекаторах здійснюється термоперетворювачами опору Метран-2000 (поз. 11а, 12а) фірми Emerson та нормуючими перетворювачами іTEMP TMT142 фірми Endress+Hauser (поз. 11б, 12б), в якості вторинного приладу. Після безпосереднього вимірювання температури термометром опору відбувається перетворення та конвертування сигналу. Нормуючий перетворювач виводить показ даних на дисплей приладу на щиті та конвертоване значення у вигляді аналогового сигналу 4-20 мА надсилається на ПЛК.

Всі вихідні показники, відхилення, аварії та тривоги, що проходять через ПЛК та АРМ реєструються, записуються в базу даних та відображаються динамікою на трендах системи SKADA.

Управління двигунами насосів (поз. М1, М2, М3, М4, М5), FDM 40 від компанії FLUX, здійснюється від магнітних пускчів-контакторів BF0910D220 фірми LOVATO Electric (поз. КМ1, КМ2, КМ3, КМ4, КМ5), що отримують дискретний сигнал від ПЛК. Також передбачено ручне управління двигунами.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

## 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.4. 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, 2а, 3а	По місцю	Коріолісовий витратомір (датчик MASS 2100/M). Умовний діаметр: 1,5; 3; 6; 15; 25; 40 Діапазон виміру витрат, л/год: 0,9-65; 9-250; 45-1000; 180-5600; 1345-25000; 5370-52000 Вихідний сигнал 0-20, 4-20 мА Уживл.=24 V Допустима похибка: 0,15 %	Sitrams FC Massflo	3	Siemens, Німеччина
2	1б, 2б, 3б	На щиті	Коріолісовий витратомір (перетворювач MASS6000). Вихідний струмовий сигнал: 0-20, 4-20 мА; Частота цифрового виходу: 0-10 кГц; Цифровий вхід: 11-30 В постійного струму; Споживана потужність: 26 Вт; Напруга живлення: 115/230 В змінного струму або 18-30 В постійного струму; Гальванічна розв'язка.	Sitrams FC Massflo	3	Siemens, Німеччина

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
3	4а, 4б, 4в	По місцю	Кондуктометричні датчики рівня трьохелектродні. Тиск вимірюваного середовища: до 2 МПа; Максимальна температура робочого середовища: 70 °С Матеріал: нержавіюча сталь 12Х18Н10Т; Довжина виконання електрода: 0,5; 1; 1,95; 2,5; 3; 3,5; 4 м	ДС.П.3.	2	ОВЕН, Україна
4	4г	По місцю	Сигналізатор рівня рідин трьохканальний. Кількість виходів: 3; Тип виходів: реле; Тип датчиків: кондуктометричні; Максимально допустимий струм, що комутується контактами вбудованого реле: 4 А при 220 В (50 Гц); Уживл.=220 В, 50 Гц	САУ-М6	1	ОВЕН, Україна

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
5	6а, 7а	По місцю	<p>Радарний рівнемір.</p> <p>Максимальний діапазон вимірювання 20 м;</p> <p>Мінімальний діапазон: до 100мм);</p> <p>Аналоговий вихід з діапазоном сигналу 4-20 мА;</p> <p>Допустима температура технолог. процесу: (стрижень із поліпропілену від -40°С до +80°С і стрижень із політетрафторетилену або рупор від -40°С до +200°С);</p> <p>Тиск всередині резервуару до 3 бар.</p> <p>Уживл.=24 V</p>	SITRANS LR 200	2	Siemens, Німеччина
6	8а	По місцю	<p>Електричний манометр.</p> <p>Діапазон вимірюваних тисків: мінімальний 0 - 0,025 кПа; максимальний 0 - 68 МПа;</p> <p>Вихідні сигнали: 4-20 мА, 0-5 мА;</p> <p>Основна приведена похибка вимірювань до <math>\pm 0,075 \%</math>;</p> <p>Температура навколишнього середовища: від -40 до +80 °С;</p> <p>Напруга живлення: 12-42 В, 22-42 В постійного струму.</p>	Метран-150	1	Emerson Electric, США

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
7	5б, 9б, 10б	На щиті	<p>Потенціометричний рН-метр.</p> <p>Кількість каналів: 1;</p> <p>Діапазон: від 0 до 14 рН;</p> <p>Межі допустимої абсолютної похибки від <math>\pm 0,05</math> до <math>\pm 0,1</math> рН;</p> <p>Кількість аналогових вихідних сигналів: 2;</p> <p>Вихідні сигнали: 0-5, 0-20, 4-20 мА;</p> <p>Робота протоколу Modbus та стандарту RS-485;</p> <p>Живлення від мережі змінного та постійного струмів (220 В, 50 Гц / 24В);</p>	рН-4131	3	Укрмашпром, Україна
8	5а, 9а, 10а	По місцю	<p>рН-електрод.</p> <p>Діапазон робочих температур: <math>-5 \dots +110</math> °С;</p> <p>Діапазон тиску вимірюваного середовища: до 6 бар;</p> <p>Мінімальна провідність: 1 мкс/см;</p> <p>Різьба монтажна: Рg13.5 ”;</p> <p>Датчик температури: Pt100;</p> <p>Діафрагма: кільце PTFE.</p>	ASPВ VP 3151	3	Укрмашпром, Україна

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
9	11а, 12а	По місцю	<p>Термоперетворювач опору. Спосіб контакту: занурювальний; Вихідний сигнал: номінальна статична характеристика НСХ (ТСМ: 50М, 100М ТСП: Pt100, 100П); Діапазон температур: -50...+600 °С; Кількість чутливих елементів: 2 або 3; Схеми з'єднання: 2, 3, 4-проводові; Довжина монтажної частини: &lt; 2000 мм;</p>	Метран-2000	2	Emerson Electric, США
10	11б, 12б	На щиті	<p>Нормуючий перетворювач температури. Монтаж на датчик або непряме підключення через кронштейн; Робота з протоколом HART Вхідні сигнали: резистивні датчики температури РДТ, термопари, перетворювачі напруги та опору; Вихідні сигнали: 4-20 мА; Гальванічна розв'язка; Напруга живлення: 24 В; Максимальна похибка: 0,02 %</p>	iTEMP TMT142	2	Endress+Hauser, Швейцарія

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
11	1в-3в, 4д, 5в, 6б, 7б, 8в-10в	На щиті	Електропневматичні перетворювачі. Вхідний уніфікований струмовий сигнал: 4-20 мА Тиск живлення: 140 кПа; Напруга живлення: 9...36 В постійного струму; Вихідні уніфіковані пневматичні сигнали: 20...100 кПа / 40...200 кПа; Межа допустимої похибки перетворення: $\pm 0,5$ % Максимальна витрата повітря: 32 л/хв	АСТРА- ЭП-1	10	Aplisens, Україна
12	1г-3г, 4е, 5г, 6в, 7в, 8д, 9г, 10г	По місцю	Пневматичний дисковий поворотний затвор. Температура робочого середовища: -60...+220 °С; Клас тиску: PN16 (номінальний тиск 1,6 МПа / 16,0 кгс/см <sup>2</sup> ); Вхідний уніфікований пневматичний сигнал: 20...100 кПа; Вихідний сигнал: 0-100 % ХРО; Можливість використання ручного приводу; Діапазон умовних діаметрів (ДУ) проходу: 50-500 мм (2"-20").	Ecoflo-ВТ PN-16	10	Ege Industrial Controls, Туреччина

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
13	M1-M5	По місцю	<p>Пневматичний мембранний насос з трьохфазним асинхронним двигуном.</p> <p>Максимальний робочий тиск до 0.8 МПа;</p> <p>Максимальна продуктивність (подача): 450 л/хв;</p> <p>Робоча температура середовища: від -10 до +100 °С.</p> <p>Напруга живлення 380 В.</p>	FDM 40	5	FLUX, Німеччина
14	KM1-KM5	По місцю	<p>Магнітний пускач-контактор.</p> <p>Номинальна управляюча напруга: 220В DC;</p> <p>Номинальний струм: 9 А;</p> <p>Максимальна потужність комутації: 4,2 кВт;</p> <p>Кількість силових полюсів: 3;</p> <p>Робоча температура: від -50 до +70 °С;</p> <p>Напруга живлення котушки: 220V DC</p>	BF0910D 220	5	LOVATO Electric, Італія

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
15	HL1- HL15	На щиті	Сигнальна арматура (лампа). Номинальна напруга: змінного струму 220 В та постійного 110 В Струм живлення: 1 мА Робочий діапазон температур: -4...+40 °С	XB2-BV	15	Електросервіс, Україна
16	SB1- SB10	По місцю	Вимикач кнопочний промисловий (циліндричний із саміпове- рненням). Для комутації електрич- них ланцюгів управління з номінальною напругою постійного струму до 440 В та силою в 0.1 А. Змінного струму з частотою 50, 60 Гц до 660 В, силою в 1 А. Частота вмикань: 1200/год Номинальний тепловий струм: 10 А	КМЕ 4111 (червона)	10	Електросервіс, Україна

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
17	8г	На щиті	<p>Блок ручного управління аналоговий.</p> <p>Кількість аналогових входів: 1;</p> <p>Типи вхідних сигналів: 0-5 мА, 0(4)-20 мА, 0-10 В;</p> <p>Наявність гальванічної ізоляції;</p> <p>Основна приведена похибка перетворення: <math>\pm 0,2\%</math>;</p> <p>Кількість аналогових виходів: 1;</p> <p>Типи вихідних аналогових сигналів: 0-5 мА, 0(4)-20 мА, 0-10 В;</p> <p>Живлення: 24 В постійного струму;</p> <p>Споживана потужність: 7,0 Вт;</p>	БРУ-7К1	1	MicroI, Україна
18	-	На щиті	<p>Модульний блок живлення.</p> <p>Номінальна вхідна напруга: 100...240 В для одно- та двофазного змінного струму;</p> <p>Номінальна потужність: 60 Вт;</p> <p>Вихідна напруга: 24 В постійного струму;</p> <p>Вихідний струм: 2,5 А;</p> <p>Частота мережі: 50...60 Гц;</p>	ABLM1A 24025	4	Schneider Electric, Франція

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

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

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

Управління технологічним процесом здійснюється за допомогою мікропроцесорного багатofункціонального контролера Modicon M340. Він призначений для збору, обробки інформації, реалізації функцій контролю, програмо-логічного управління, регулювання, протиаварійних захистів і блокувань.

Це промисловий контролер нового покоління фірми Schneider Electric, для програмування якого використовується програмне забезпечення UNITY PRO. Modicon M340 - контролер модульного типу, конфігурація якого вибирається в залежності від кількості входів-виходів і алгоритму управління. Модулі кріпляться на шасі, яке виконує механічну та електричну функції. Така конструкція дає можливість гарячої заміни модулів без зупинки контролера. M340 може включати від 1-го до 4-х шасі з різною кількістю місць для установки модулів (від 4-х до 12-ти), об'єднаних між собою BusX шиною, загальною довжиною до 30 м. Зовнішній вигляд основних функціональних частин наведено на рис. 3.1, 3.2, 3.3.

Конструктивно M340 може складатись з таких основних елементів (рис.3.1):  
 1. Шасі, на яких встановлюються модулі. 2. Модуль живлення, який обов'язково повинен бути присутнім в кожному шасі, і який встановлюється на спеціально відведеному місці у шасі 3. Модуль розширення для контролерів побудованих на базі декількох шасі. 4. Кабелі розширення BusX, що з'єднує модулі розширення на суміжних шасі. 5. Термінуючі резистори в кінцевих модулях розширення архітектури M340. 6. Процесорний модуль, який обов'язково розміщується в

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бураков М.М.			<i>Розробка системи автоматизації процесу дефекосатурації на цукровому заводі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А.					108	30
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

посадочному місці з номером 00 у шасі, яке має номер 0. 7. Модулі вводу/виводу та модулі спеціального призначення, які розміщуються в будь-якому посадочному місці.

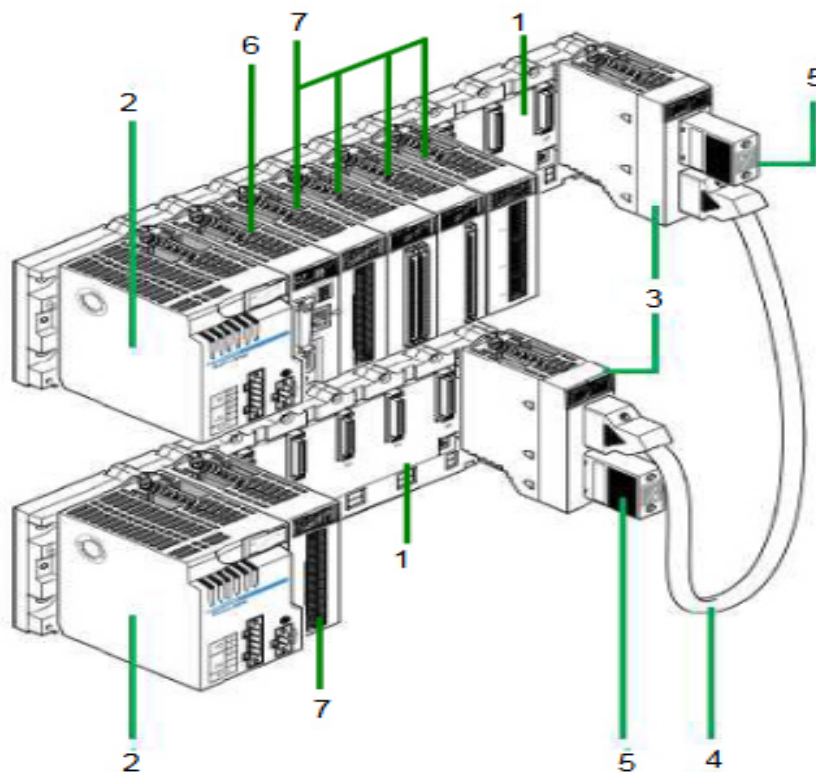


Рис. 3.1. - Архітектура контролера Modicon M340.



Рис. 3.2. - Зовнішній вигляд контролера M340 та модулів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

Основним конструктивним елементом контролера є шасі (рис.3.3). Шасі використовується як конструктивний елемент, на якому розміщуються й закріплюються окремі модулі контролера. Також шасі має загальну шину BusX, по якій відбувається як живлення модулів, установлених в шасі, так і обмін сигналами та даними між окремими модулями контролера. Шасі може кріпитися на стандартну DIN-рейку і з допомогою гвинтів.

Шасі відрізняються за кількістю місць для встановлення модулів, відповідно на 4 (BMX XBP 0400), 6 (BMX XBP 0600), 8 (BMX XBP 0800) та 12 (BMX XBP 1200) позицій.

Відповідно до компоновки ПЛК, що описана нижче, в роботі використано шасі на 8 посадочних місць BMX XBP 0800 (рис. 3.3). Сім слотів задіяні в роботі та заповнені модулями, а один слот лишається в якості додаткового резерву.

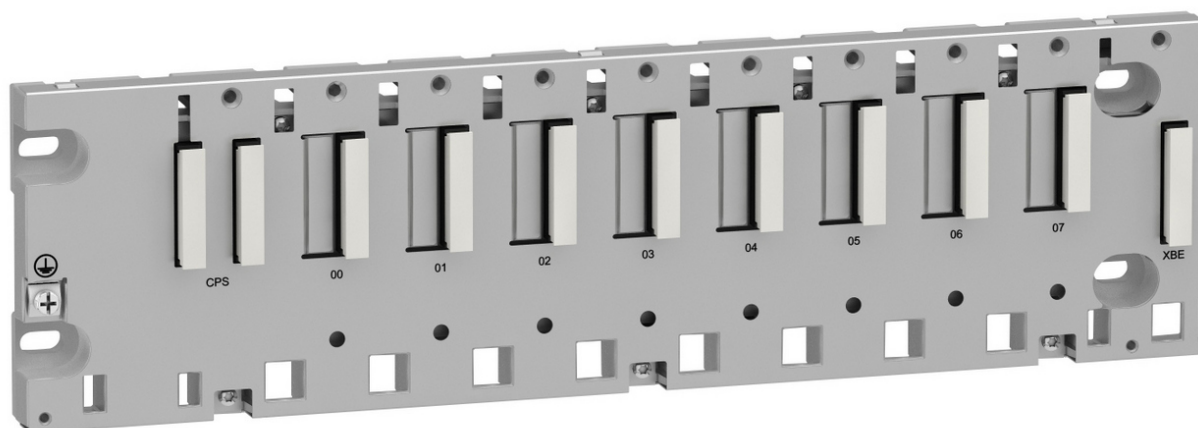


Рис. 3.3. - Зовнішній вигляд шасі BMX XBP 0800 (без модулів).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

### 3.1.1. Вибір процесорного модуля

Процесорні модулі M340 відрізняються функціональними можливостями, швидкістю обробки інструкцій, кількістю входів/виходів, які може обробляти контролер, кількістю спеціальних каналів, об'ємом доступної оперативної пам'яті та вбудованими в модуль ЦПУ комунікаційними засобами.

У кожному процесорному модулі M340 є вбудований USB-інтерфейс, який призначений для підключення терміналу програмування, а також для з'єднання зі операторськими станціями з встановленим програмним забезпеченням SCADA/HMI. У спеціальному слоті модуля розміщується SD-карта пам'яті об'ємом 8 Мбайт. На ній зберігається загрузочний проект, вбудовані діагностичні Веб-сторінки, а також при необхідності вихідний код проекту, константи та діалогові таблиці.

Кожний процесорний модуль може вміщувати один або два вбудовані комунікаційні канали з комбінації: послідовний Modbus Serial RS-232/RS-485, Ethernet TCP/IP та CANOpen. Крім функцій обміну з іншими пристроями системи, Modbus RTU (Serial) та Modbus TCP/IP (Ethernet) забезпечують доступ терміналу програмування UNITY PRO до контролера.

В якості основного процесорного модуля для кваліфікаційної роботи використовуємо BMX P34 2020 (рис. 3.4).

Основні технічні характеристики BMX P34 2020:

- Кількість шасі: 4;
- Кількість комірок: 11;
- Продуктивність дискретних вх./вих. процесора: 1024 multi-rack configuration; 704 I/O single-rack configuration;
- Кількість каналів додатків: 36;
- Максимальна довжина шини: 1000 м;
- Процесори комунікаційних модулів: 2 шт. модуль Ethernet, 4 шт. AS-Інтерфейс;
- Кількість адрес: 0-248.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111



Рис. 3.4. - Процесорний модуль BMX P34 2020.

### 3.1.2. Вибір дискретних модулів

Модулі дискретних входів/виходів M340 являють собою стандартні модулі, які займають один слот. Ці модулі відрізняються за типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), за кількістю каналів, за типом вхідних та вихідних каналів і за способом підключення. Ці модулі можна встановлювати у будь-яке посадочне місце шасі, окрім місця для живлення (PS) та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

Дискретні модулі можуть мати входи/виходи постійного струму (DC) на 24 VDC та 48 VDC з позитивною (sink) або негативною (source) логікою підключення, або змінного струму (AC) на 100-240 VAC.

Для роботи з дискретними сигналами в кваліфікаційній роботі використано вхідний модуль BMX DDI 1602 (рис. 3.5) та вихідний BMX DDO 1602 (рис. 3.6).

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112



Рис. 3.5. - Модуль дискретних входів BMX DDI 1602.

Основні технічні характеристики BMX DDI 1602:

- кількість дискретних каналів: 16;
- тип дискретного каналу: гальванічна розв'язка;
- напруга дискретного входу: 24 V постійного струму, позитивна логіка;
- струм входу: 3,5 мА;
- вхідний опір: 6800 Ом;
- типовий споживаний струм: 76 мА в 3,3 В постійного струму.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113



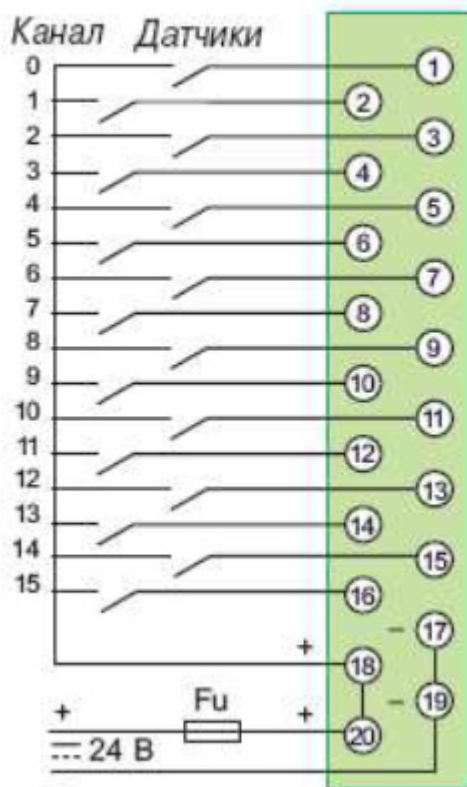
Рис. 3.6. - Модуль дискретних виходів BMX DDO 1602.

Основні технічні характеристики BMX DDO 1602:

- кількість дискретних виходів: 16;
- напруга дискретного виходу: 24 V; 19...30 V постійного струму, позитивна логіка;
- струм виходу: 0,5 mA;
- максимальний струм по модулю: 10 A;
- час відповіді на виході: 1,2 ms;
- типовий споживаний струм: 76 mA в 3,3 V постійного струму.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		114

### BMX DDI 1602 (DC)



### BMX DDO 1602 (DC)

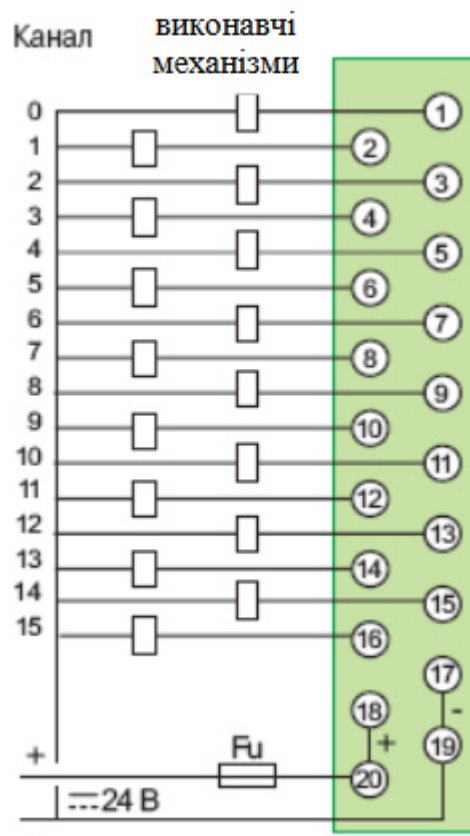


Рис. 3.7. - Схеми підключення використаних модулів дискретних входів / виходів зі з'ємними клемними колодками.

### 3.1.3. Вибір аналогових модулів

Модулі аналогових входів/виходів M340 являють собою стандартні модулі, які займають один слот. Як і дискретні модулі, аналогові відрізняються за типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), за кількістю каналів, за характеристикою і діапазоном сигналів (напруга, струм, термометри опору, тощо), наявністю гальванічного розподілення і за способом підключення. Ці модулі можна встановлювати у будь-яке посадочне місце шасі, окрім місця для живлення (PS) та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

Аналогові вхідні модулі М340 можуть виконувати: сканування вхідних каналів різного діапазону за допомогою безконтактного мультиплексування; аналогово-цифрове перетворення; фільтрацію сигналів; моніторинг модуля: тестування ланок перетворення, вхідний контроль перевищування рівня сигналу, тест наявності клемної колодки.

Модулі аналогових виходів виконують функції: цифро-аналогове перетворення; захист каналів модулів від перевантаження; моніторинг модуля: тест перетворення, тест виходу за межі, тест наявності клемної колодки.

Для роботи з аналоговими сигналами в кваліфікаційній роботі використано вхідні модулі ВМХ АМІ 0800 (рис. 3.8) та вихідні ВМХ АМО 0802 (рис. 3.9), ВМХ АМО 0410 (рис. 3.10).



Рис. 3.8. - Модуль аналогових входів ВМХ АМІ 0800.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

### Основні технічні характеристики ВМХ АМІ 0800:

- тип підключення: 28 пінів 1 роз'єм;
- кількість аналогових входів: 8;
- типи аналогових входів (опціонально): (Current +/- 20 mA; Current 0...20 mA; Current 4...20 mA; Voltage +/- 10 V; Voltage +/- 5 V; Voltage 0...10 V; Voltage 0...5 V; Voltage 1...5 V);
- допустима перенапруга на входах: (+/- 30 mA 0...20 mA; +/- 30 mA 4...20 mA; +/- 30 V +/- 10 V; +/- 30 V +/- 5 V; +/- 30 V 0...10 V; +/- 30 V 0...5 V; +/- 30 V 1...5 V; +/- 30 mA +/- 20 mA);
- Вхідний опір: 10 МОм в режимі напруги; 250 Ом в режимі струму;
- Номінальний час циклу читання: 9 ms для 8 каналів;
- Ступінь захисту IP20.



Рис. 3.9. - Модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0802.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		117

### Основні технічні характеристики ВМХ АМО 0802:

- тип електричного з'єднання: 20 каналів 1 роз'єм;
- кількість аналогових виходів: 8;
- похибка вимірювань: 0,25 % від повної шкали (0...60 °С); 0,1 % від повної шкали 25 °С;
- роздільна здатність: 16 біт;
- найбільша робоча напруга: 1400В постійного струму між каналами та землею / між каналами та шиною;
- типи помилок: 4-20 мА - розімкнене коло; 0-20 мА - коротке замикання;
- активний опір навантаження: 350 Ом
- типи аналогового вихода: по струму 0-20, 4-20 мА
- споживана потужність: 3,6 Вт при 24VDC типова; 3,9 Вт при 24VDC максимальна; 0,35 Вт при 3,3 VDC типова; 0,48 Вт при 3,3 VDC максимальна.



Рис. 3.10. - Модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0410.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

### Основні технічні характеристики ВМХ АМО 0410:

- тип електричного з'єднання: 20 каналів 1 роз'єм;
- кількість аналогових виходів: 4;
- похибка вимірювань: 0,2 % від повної шкали (0...60 °С); 0,1 % від повної шкали 25 °С;
- роздільна здатність: 16 біт;
- найбільша робоча напруга: 1400В постійного струму між каналами та землею / між каналами та шиною; 750VDC між каналами;
- активний опір навантаження:  $\geq 1000 \text{ Ом} \pm 10\%$ ;  $\leq 500 \text{ Ом}$  (0-20, 4-20 мА);
- типи аналогового вихода: по струму 0-20, 4-20 мА; по напрузі  $\pm 10\text{В}$ ;
- споживана потужність: 3 Вт при 24VDC типова; 3,6 Вт при 24VDC максимальна; 0,45 Вт при 3,3 VDC типова; 0,51 Вт при 3,3 VDC максимальна.

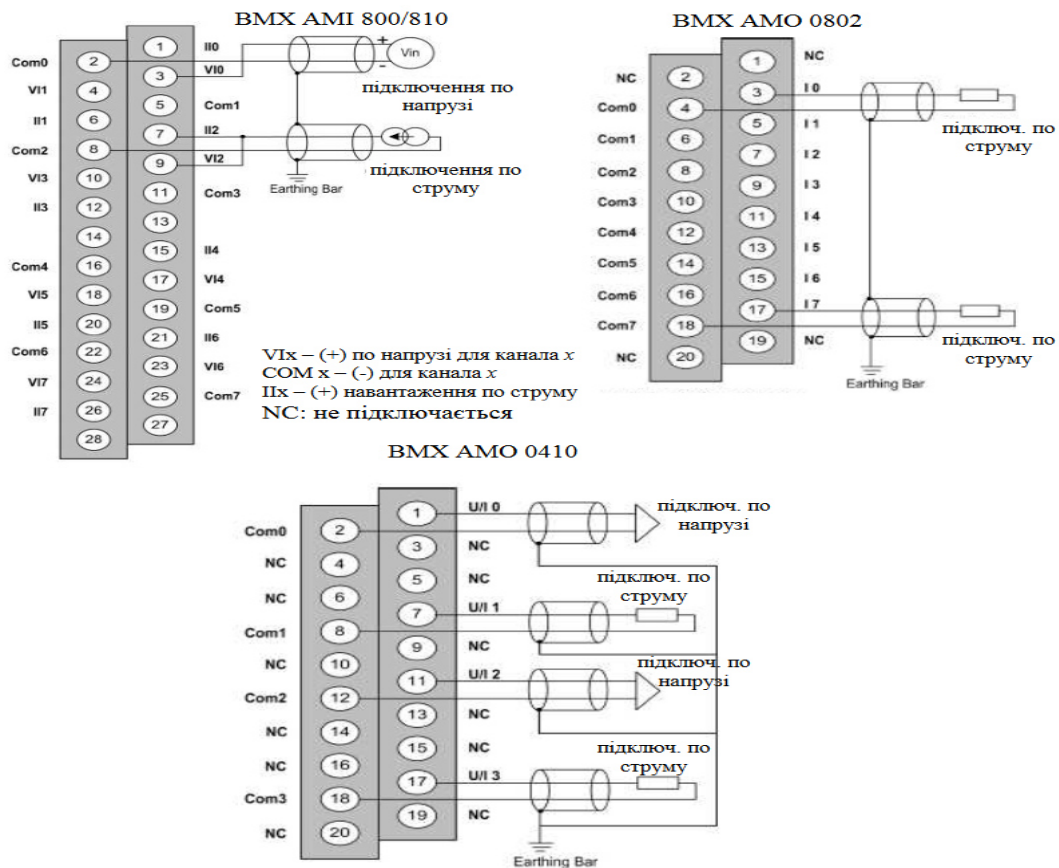


Рис. 3.11. - Схеми підключення використаних модулів аналогових входів / виходів зі з'ємними клемними колодками.

### 3.1.4. Вибір модуля живлення

Споживана потужність, яка необхідна для модулів, встановлених на монтажному шасі, залежить від типу даних модулів. Тому для того щоб вірно вибрати модуль живлення, який забезпечить споживання, треба проводити розрахунок енергоспоживання.

Живлення модулів по шасі проводиться через два виходи модуля живлення 24 В (24V\_BAC) та 3,3 В (3V3\_BAC). Вихід 24V\_BAC використовується для живлення встановлених на монтажному шасі модулів входів-виходів та процесорного модуля, а вихід 3V3\_BAC використовується тільки для живлення модулів входів-виходів.

Модулі живлення, що живляться напругою 100...240VAC (BMX CPS 2000 та BMX CPS 3500), додатково мають зовнішній вихід 24 В (24V\_SENSORS), який можна використати для живлення датчиків або виконавчих механізмів.

Для провдення розрахунку енергоспоживання модулів живлення BMX CPS 2000/3500 необхідно враховувати наступні показники:

1. сумарна потужність, яка споживається по виходам модуля живлення 3V3\_BAC, 24V\_BAC та 24V\_SENSORS не повинна перевищувати загальну корисну потужність модуля живлення:

$$I_{3V3\_BAC} * 3,3 \text{ В} + I_{24V\_BAC} * 24 \text{ В} + I_{24V\_SENSORS} * 24 \text{ В} \leq PPS \quad (3.1)$$

2. сумарна потужність, яка споживається по двом виходам модуля живлення 3V3\_BAC та 24V\_BAC не повинна перевищувати загальну корисну потужність модуля живлення по цим виходам:

$$I_{3V3\_BAC} * 3,3 \text{ В} + I_{24V\_BAC} * 24 \text{ В} \leq P_{3V3\_24V} \quad (3.2)$$

В формулах (3.1) та (3.2)  $I_{3V3\_BAC}$  – сумарний споживаний струм модулями по 3V3\_BAC,  $I_{24V\_BAC}$  – сумарний споживаний струм модулями по 24V\_BAC,  $I_{24V\_SENSORS}$  - сумарний споживаний струм по зовнішньому виходу 24V\_SENSORS, PPS – загальна корисна потужність модуля живлення,  $P_{3V3\_24V}$  – максимальна сумарна потужність модуля на виходах 3V3\_BAC та 24V\_BAC.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

Таблиця 3.1. Споживані струми обраних модулів.

Тип модуля	Каталожний номер	Середній споживаний струм, мА		
		На виході 3V3_VAC	На виході 24V_VAC	На виході 24V_SENSORS
Процесорний модуль	BMX P34 2020	-	95	-
Аналогові модулі	BMX AMI 0800	150	41	-
	BMX AMO 0802	150	135	-
	BMX AMO 0410	150	140	-
Дискретні модулі	BMX DDI 1602	90	-	60
	BMX DDO 1602	100	-	-

В якості стандартного джерела живлення для контролера в кваліфікаційній роботі використано блок змінного струму BMX CPS 2000 (рис. 3.12).



Рис. 3.12. - Модуль живлення BMX CPS 2000.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		121

Основні технічні характеристики BMX CPS 2000:

- основна напруга живлення: 100...240 В змінного струму;
- потужність: (живлення сенсора 10,8 Вт 24 В постійного струму; 16,8 Вт 24 В DC живлення модулів вводу/виводу та процесора; 8,3 Вт 3,3 В постійного струму блок живлення модуля логіки введення/виводу);
- частота мережі: 50/60 Гц
- повна потужність: 0,07 кВт.

Програмний пакет Unity PRO XL дозволяє імітувати підключення та компонування логічного контролера та здатний розраховувати електроспоживання самостійно відповідно до встановлених компонентів. Вибрані модулі для ПЛК М340 наведені в таблиці 3.2 та на (рис.3.13). На (рис.3.14) наведена характеристика роботоздатності застосованого модуля живлення.

Таблиця 3.2. Вибрані модулі для ПЛК М340.

Модулі		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 0800	2	8 аналогових входів
BMX AMO 0802	1	8 аналогових виходів
BMX AMO 0410	1	4 аналогових виходи
BMX DDI 1602	1	16 дискретних входів
BMX DDO 1602	1	16 дискретних виходів

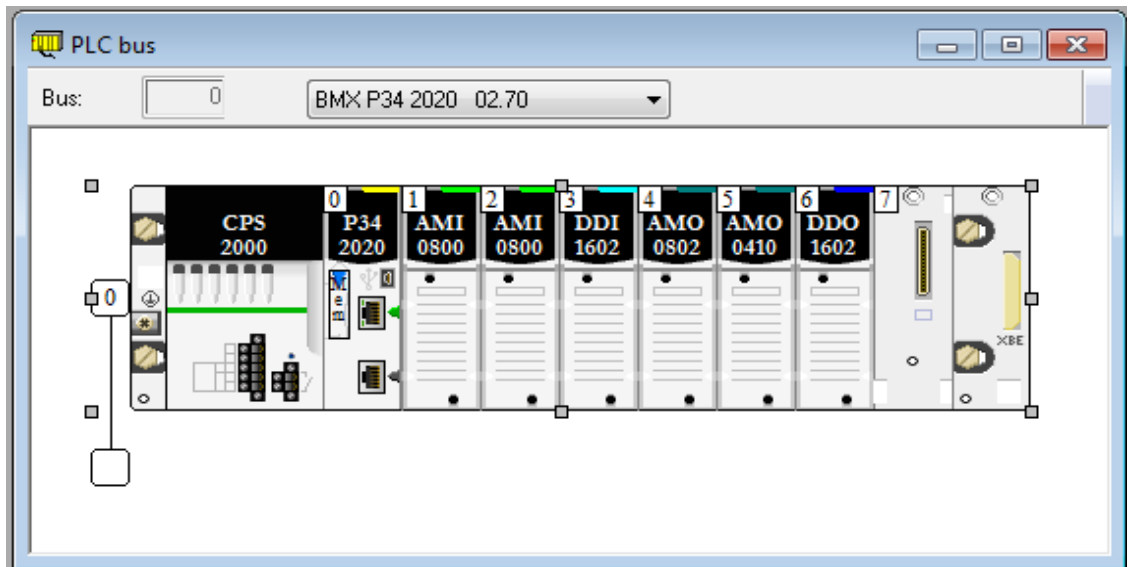


Рис. 3.13. - Конфігурація ПЛК М340.

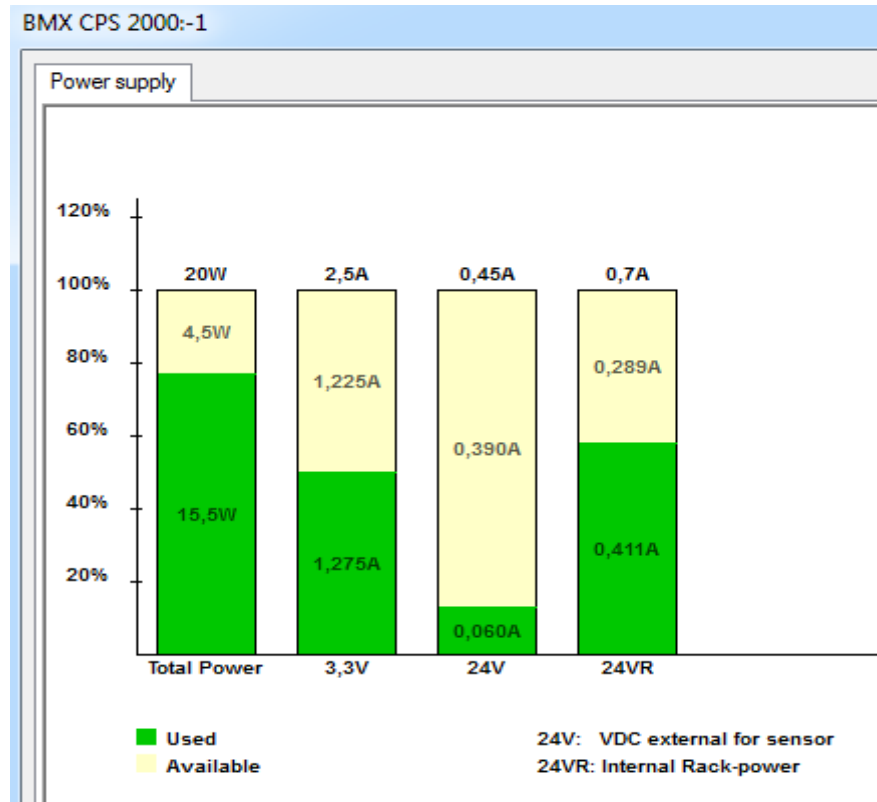


Рис. 3.14. - Характеристика живлення ПЛК.

**Аналогові входи.** До 8-ми каналного модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 підключаються датчики рівня, температури, витрати та рН-метри з уніфікованими струмовими сигналами 4-20 мА для отримання, обробки, збереження та аналізу показів технологічного процесу.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		123

**Аналогові виходи.** До 8-ми каналного ВМХ АМО 0802 та 4-х каналного ВМХ АМО 0410 модулів аналогових виходів підключаються електропневматичні перетворювачі з уніфікованими струмовими сигналами 4-20 мА для управління пневматичною запірною арматурою, що безпосередньо впливає на параметри характеристик тиску, витрати, рівня та значення рН.

**Дискретні входи.** До 16-ти каналного модуля дискретних входів ВМХ DDO 1602 підключаються кондуктометричні сигналізатори рівня рідин, що формують імпульсні сигнали при фіксації наявності рідини або її відсутності. Застосовуються у бірнику вапняного молока. Також до цього модуля підключаються засоби дискретного управління асинхронними двигунами насосних станцій та перемикачі електричних ланцюгів для ручного управління. До такого керування належить включення, виключення та реверс двигунів.

**Дискретні виходи.** До 16-ти каналного модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 підключаються силові контактори магнітних пускачів двигунів для управління насосами. Також до модуля підключаються електропневматичні перетворювачі для управління двоходовими пневматичними запірними клапанами.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		124

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

Схема підключення - тип схеми, на якій показано зовнішні підключення використовуваних засобів та приладів. Даний тип схем входить до складу основного комплексу робочих креслень систем автоматизації. Схема підключення показує електричні зв'язки між вимірювальними пристроями та засобами отримання первинної інформації, з одного боку, щитами, пультами автоматизації, пневматичними зв'язками з іншого.

Даний вид схем використовується при розробці конструкторської документації, а також для здійснення підключень при монтажі систем автоматизації. Використовують два варіанти побудови схем підключень: графічний та табличний.

На принциповій схемі підключень, що виконана в кваліфікаційній роботі (аркуш 2), для реалізації процесу дефекосатурації на цукровому заводі при виробництві цукру-піску, використані наступні елементи:

- блоки живлення: БЖ1-БЖ4 - для живлення вторинних приладів, датчиків, перетворювачів та дискретних модулів ПЛК постійною напругою 24В;
- автоматичні пакетні перемикачі: QF1-QF5, що використовуються для подачі живлення від мережі змінного струму на блоки живлення та схеми управління;
- плавкі запобіжники: FU1-FU9. Це компоненти силової електроніки одноразової дії, що виконують захисну функцію. Пристрій, який за рахунок розплавлення однієї або декількох деталей, що мають певну конструкцію і розміри, розмикає ланцюг, в який воно включено. Струм переривається, якщо він перевищує задане значення протягом певного часу. Плавкий запобіжник є найслабшою ділянкою електричного ланцюга, спрацьовує в аварійному режимі, і запобігає подальшому руйнуванню більш цінних елементів електричного ланцюга високою температурою, викликаною надмірними значеннями сили струму.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		125

- теплові біметалеві реле: КК1-КК3 в схемі керування асинхронними двигунами. Використовуються для захисту електричних двигунів від перегрівання.

В основу роботи покладено принцип різниці температурного розширення різних металів. При нагріванні біметалічної пластини, що складається з двох металів із різним коефіцієнтом теплового розширення, відбудеться її геометрична деформація. Підключене в ланцюг електродвигуна теплове реле пропускає основне навантаження електричної машини через струмопровідні шини. Якщо через них потече струм, що у кілька разів перевищує номінальний, то шини почнуть нагріватися і надлишок тепла перейде на біметалеву пластину, підключену до кожної фаз електродвигуна. При досягненні температури уставки біметалічна пластина деформується і приведе в рух один із штовхачів, що призведе до руху штанги розчіплювача. Після цього контакти теплового реле відключать живлення ланцюга управління і перекриють контакти ланцюга сигналізації, який сповістить про відключення захисного пристрою. Після усунення причини перегріву реле повертається до робочого положення за допомогою натискання механічної кнопки. Слід зазначити, що відразу після відключення теплового реле включити його не вийде, тому що біметалічна пластина ще не охолола і можливі помилкові спрацьовування.

- реле часу: КТ, використовується для створення незалежної витримки часу та забезпечення певної послідовності роботи елементів схеми. Реле часу застосовується у випадках, коли необхідно автоматично виконати якусь дію не відразу після появи управляючого сигналу, а через встановлений проміжок часу.

На принциповій схемі підключень датчиків та ВМ до ПЛК процесу дефекосатурації дифузійного соку при виробництві цукру-піску використана натушна нумерація провідників:

- 800-816: провідники з змінним струмом;
- 900-968: провідники з постійним струмом;
- 100-121: провідники з вимірювальним сигналом від датчиків;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

- 200-225: провідники з сигналом управління;
- 001-004: провідники з пневматичним сигналом живлення;
- 005-014: провідники з пневматичним сигналом управління.

В кваліфікаційній роботі насосні установки приводяться в дію асинхронними трьохфазними двигунами, тому важливим фактором є порядок та засоби управління двигунами. Двигуни мають можливість реверсного ходу.

### Опис схеми управління електродвигунами з магнітним пускачем.

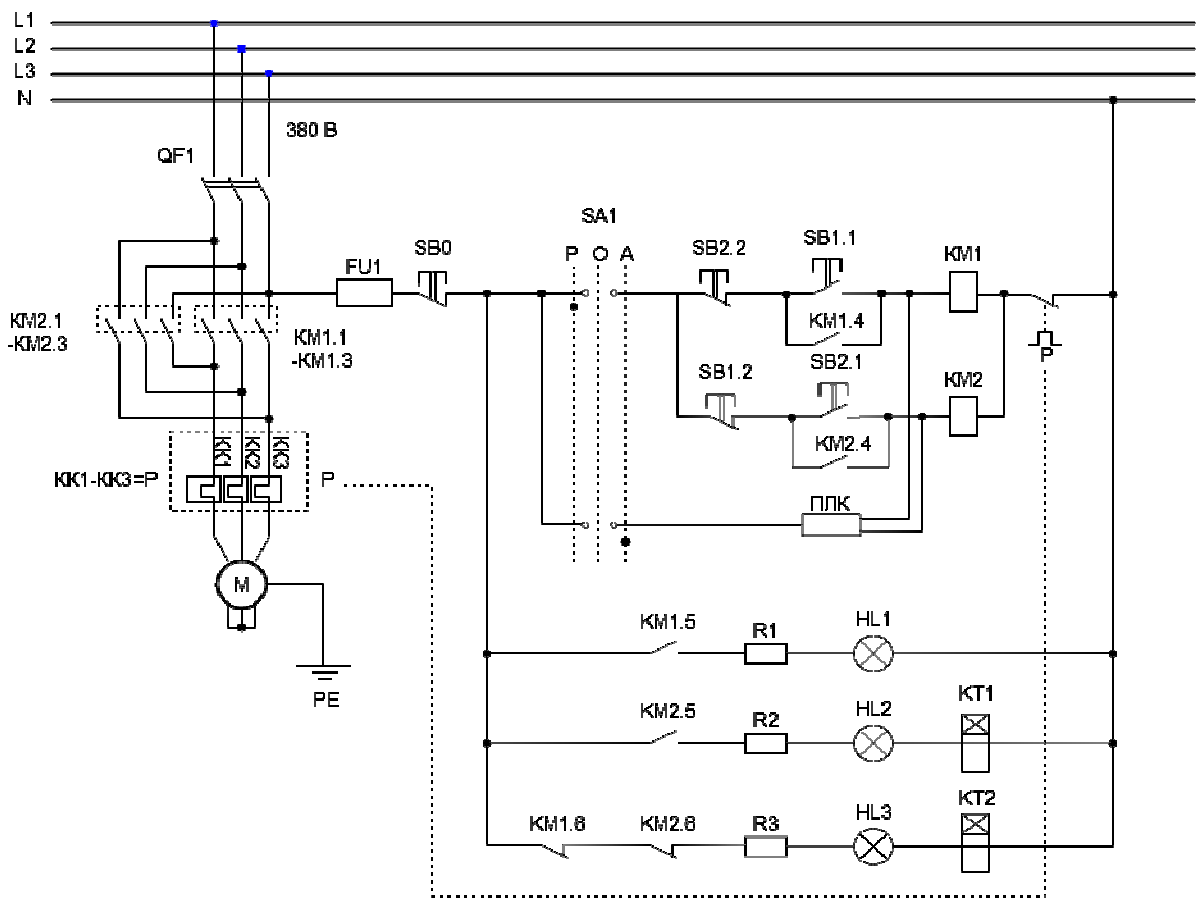


Рис. 3.15. - Принципова схема керування асинхронними двигунами (М1-М5) за допомогою магнітного пускача.

Живлення на двигун та схему управління подається при ввімкненні пакетного перемикача QF1. Через плавкий запобіжник FU1 та кнопку струм протікає до перемикача SA1. Наведена кнопка "Стоп" за місцем (SB0) для можливості безпосередньої зупинки двигуна.

					Арк.
<i>Кваліфікаційна робота</i>					127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Перемикач SA1 призначений для вибору режиму управління двигуном: А - "автоматичний" - двигун управляється від ПЛК, Р - "ручний" - двигун управляється кнопками "Пуск" (SB1.1 та SB2.1) або "Стоп" (SB1.2 та SB2.2), чи О - відсутній режим управління, тобто в цій позиції управління двигуном неможливе. Точки на пунктирних лініях під літерами, які позначають режими роботи, вказують по якій гілці піде струм після перемикача SA1.

Для запуску двигуна з прямим ходом, при виборі позиції Р на перемикачі SA1, необхідно натиснути кнопку "Пуск" (SB1.1), щоб замкнути котушку реле KM1. При цьому через взаємопов'язану кнопку розмикається контакт (SB1.2), що виключає можливість ввімкнення реверсного контуру.

Для запуску двигуна з реверсним ходом, при виборі позиції Р на перемикачі SA1, необхідно натиснути кнопку "Пуск" (SB2.1), щоб замкнути котушку реле KM2. При цьому через взаємопов'язану кнопку розмикається контакт (SB2.2), що виключає можливість ввімкнення прямого контуру.

При замиканні котушки реле KM1 замикаються контакти KM1.1-KM1.3 і запускається двигун в прямому ході, також замикається контакти KM1.4 та KM1.5 і розмикається контакт KM1.6. Так як кнопка "Пуск" (SB1.1) без фіксації то паралельно її ставиться контакт KM1.4 для щоб коли відпустити кнопку "Пуск" (SB1.1) струм протікав через контакт KM1.4 і двигун працював. Коли контакт KM1.5 замикається, а KM1.6 розмикається, загоряється лампочка HL1, що сигналізує роботу двигуна в прямому ході.

При замиканні котушки реле KM2 замикаються контакти KM2.1-KM2.3 і запускається двигун в реверсному ході, також замикається контакти KM2.4 та KM2.5 і розмикається контакт KM2.6. Так як кнопка "Пуск" (SB2.1) без фіксації то паралельно її ставиться контакт KM2.4 для щоб коли відпустити кнопку "Пуск" (SB2.1) струм протікав через контакт KM2.4 і двигун працював. Коли контакт KM2.5 замикається, а KM2.6 розмикається, загоряється лампочка HL2, що сигналізує роботу двигуна в реверсному ході.

У вимкненому стані або коли ланцюг розірвано контакти KM1.6 та KM2.6 замкнені, а лампочка HL3 сигналізує про відключений стан електродвигуна.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		128

Для зупинки двигуна, при виборі позиції Р на перемикачі SA1, необхідно використати загальну кнопку "Стоп", що встановлюється за місцем (SB0) або необхідно натиснути дві кнопки "Стоп" (SB1.2) та (SB2.2), щоб розімкнути котушки реле KM1 та KM2.

При розмиканні котушок реле KM1 та KM2 розмикаються контакти KM1.1-KM1.3 та KM2.1-KM2.3 і зупиняється двигун, також розмикаються контакти KM1.4, KM2.4, KM1.5 та KM2.5 і замикаються контакти KM1.6 та KM2.6. В результаті загоряється лампочка HL3, що сигналізує зупинку двигуна.

При виборі позиції А на перемикачі SA1 котушками реле KM1 та KM2 управляє ПЛК. В даній ситуації сигналізація також працює.

При перевантаженні електродвигуна спрацьовують електротеплові реле КК1-КК3, що розмикають свої контакти в ланцюзі управління, магнітний пускач відключається і електродвигун зупиняється.

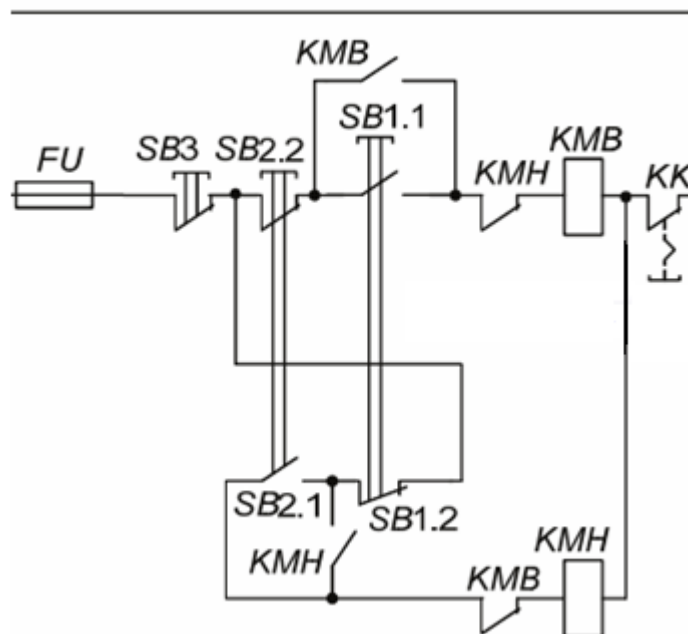


Рис. 3.16. - Принцип роботи пов'язаних кнопок зупинки та пуску в схемі для прямого та реверсивного електродвигуна з магнітними пускачами.

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

#### 3.3.1. Контур регулювання рівня в збірнику вапняного молока.

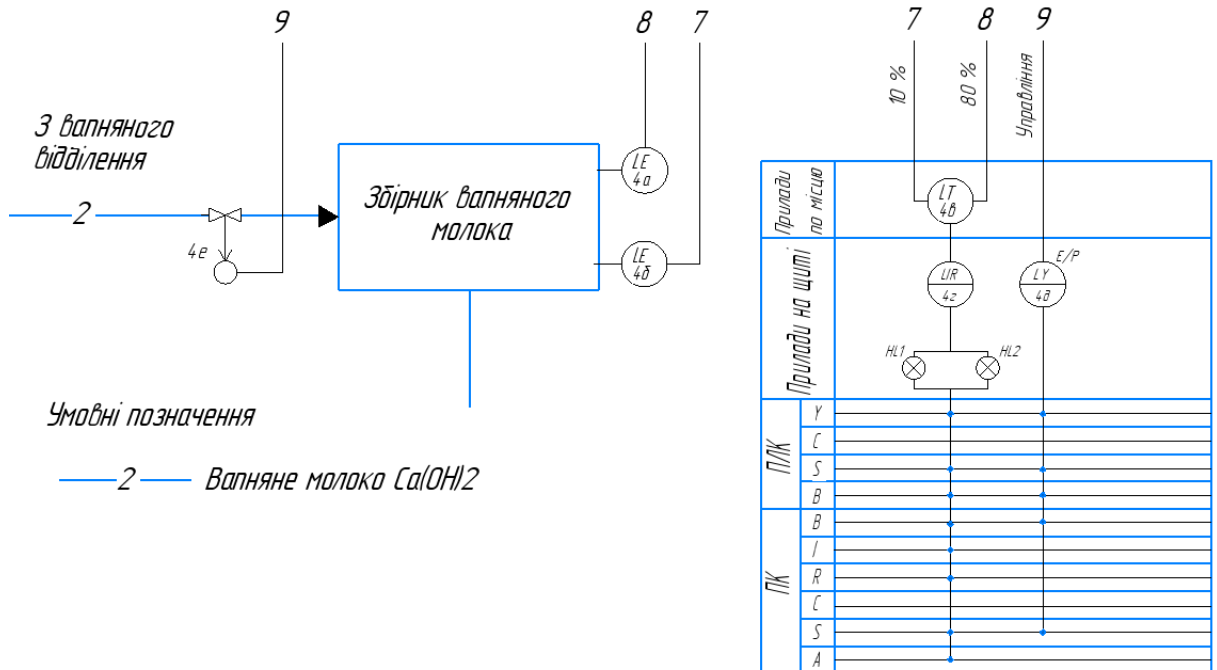


Рис. 3.17. - Схема автоматизації контуру регулювання рівня заповненого молока в збірнику.

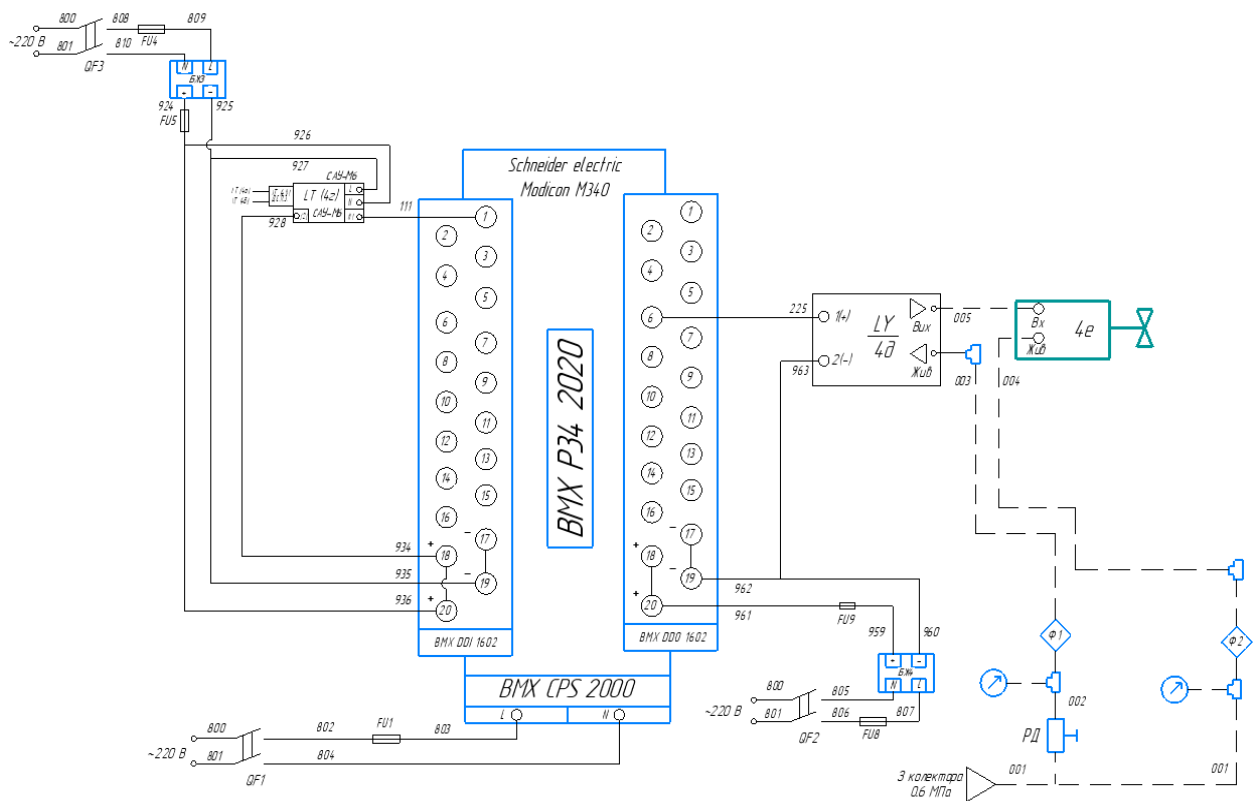


Рис. 3.18. - Принципова розширена схема підключення технічних засобів контуру до ПЛК.

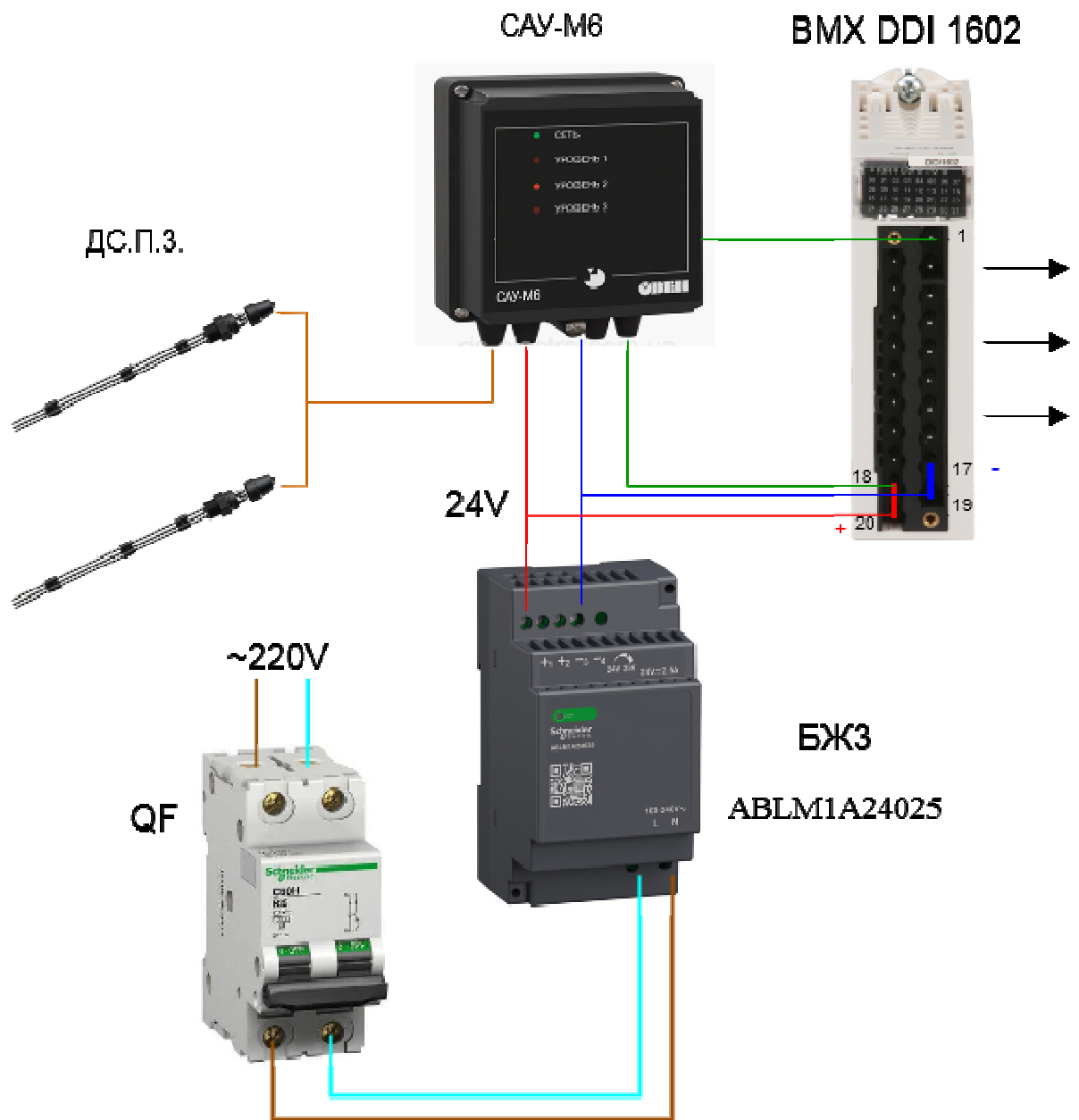


Рис. 3.19. - Графічна схема підключення сигналізатора рівня CAU-M6 до модуля дискретних входів BMX DDI 1602 ПЛК.

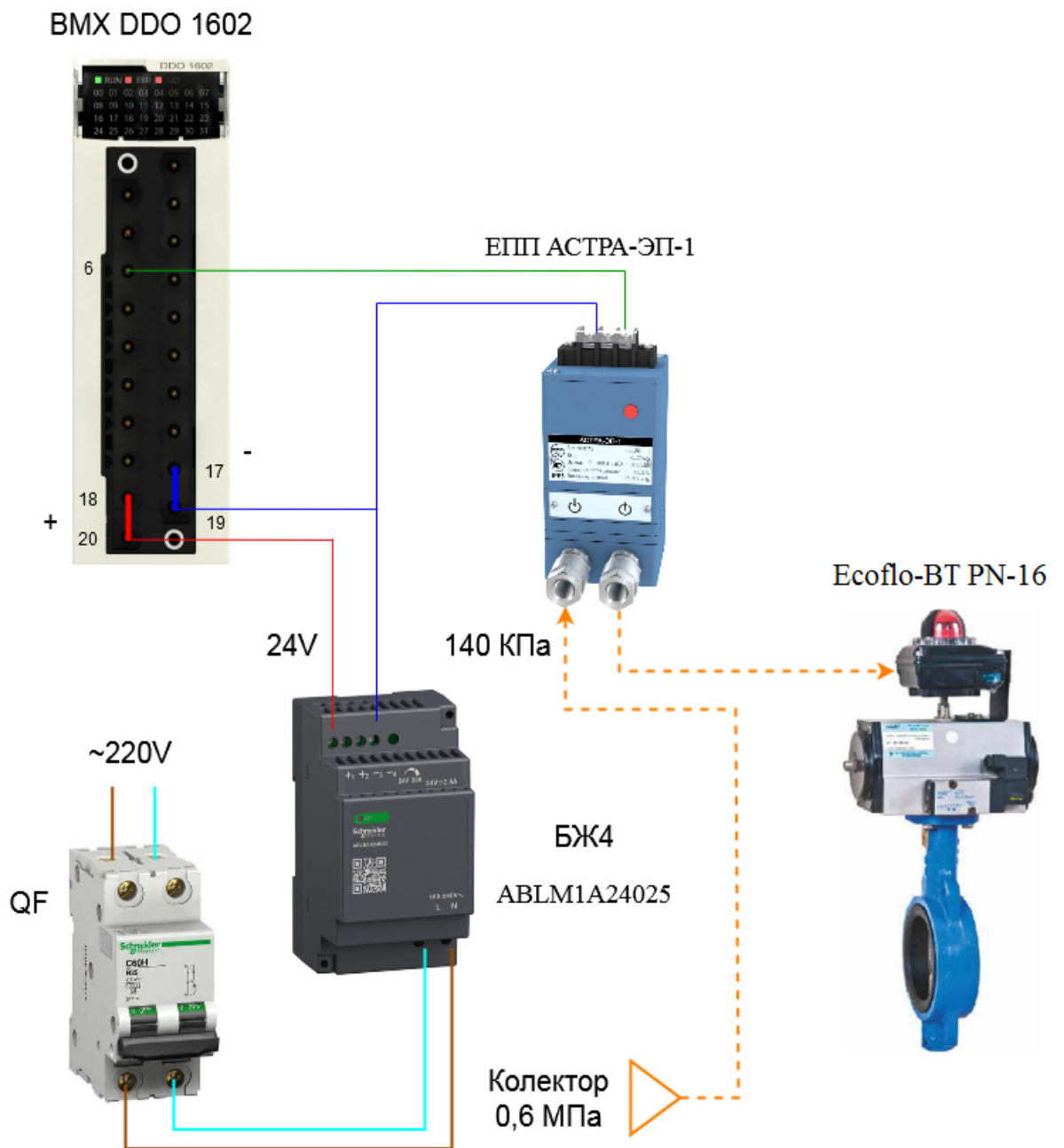


Рис. 3.20. - Графічна схема підключення електропневно перетворювача ЕПП АСТРА-ЕП-1 та ВМ до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 ПЛК.

### 3.3.2. Контур контролю та регулювання тиску в трубопроводі сатураційного газу.

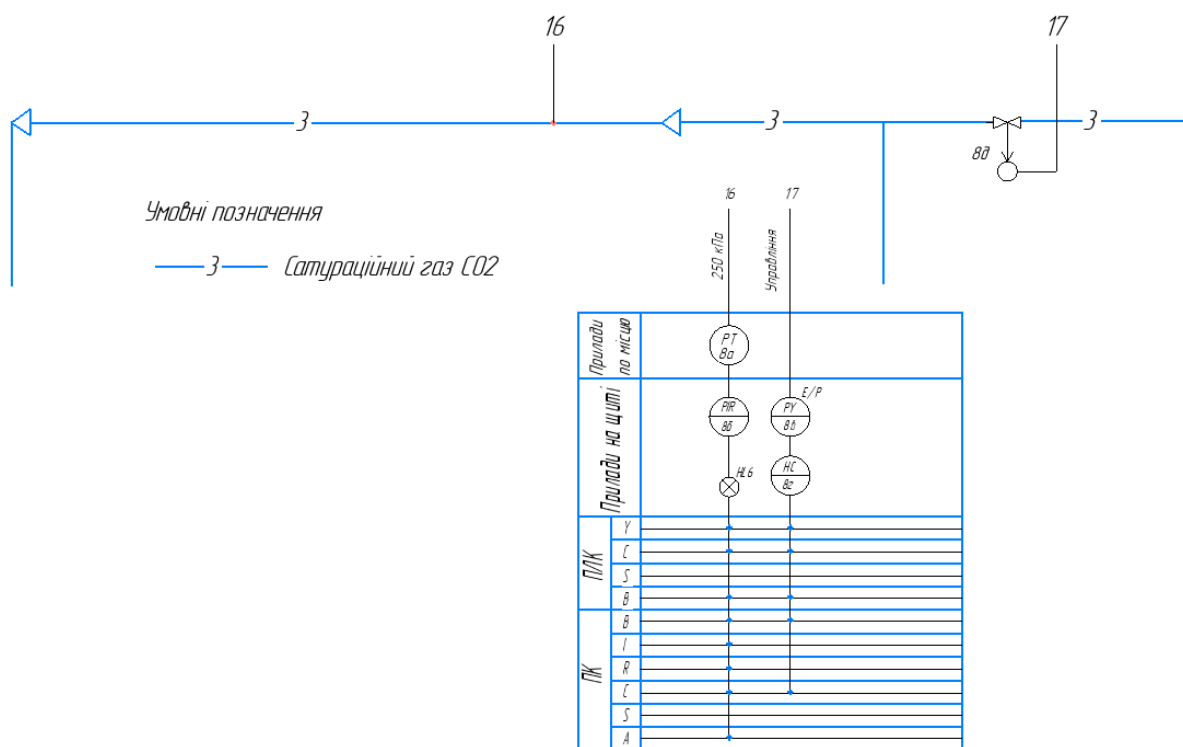


Рис. 3.21. - Принципова розширена схема підключення технічних засобів для контуру регулювання тиску до ПЛК.



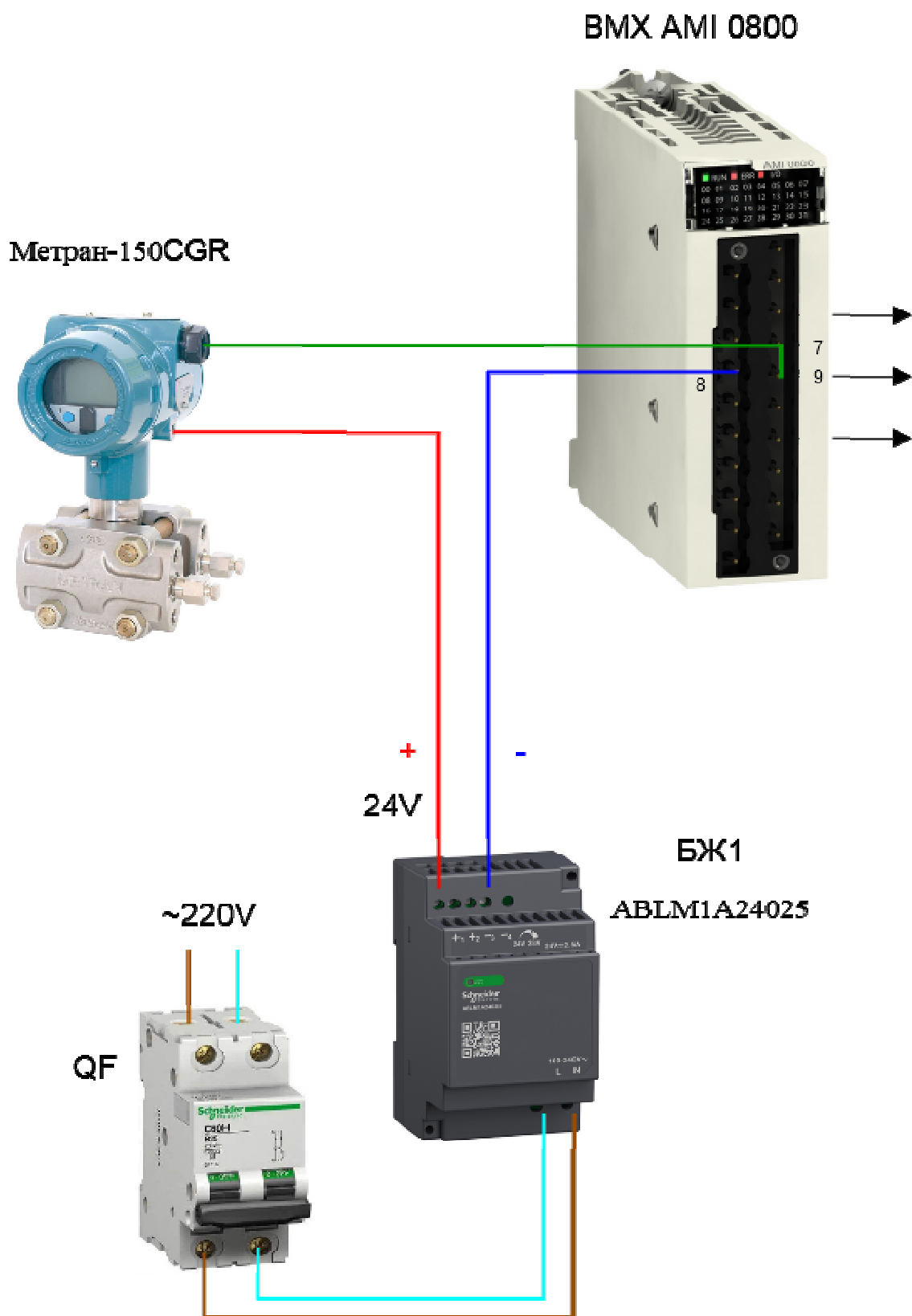


Рис. 3.23. - Графічна схема підключення датчика тиску Метран-150CGR до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 ПЛК.

BMX AMO 0410

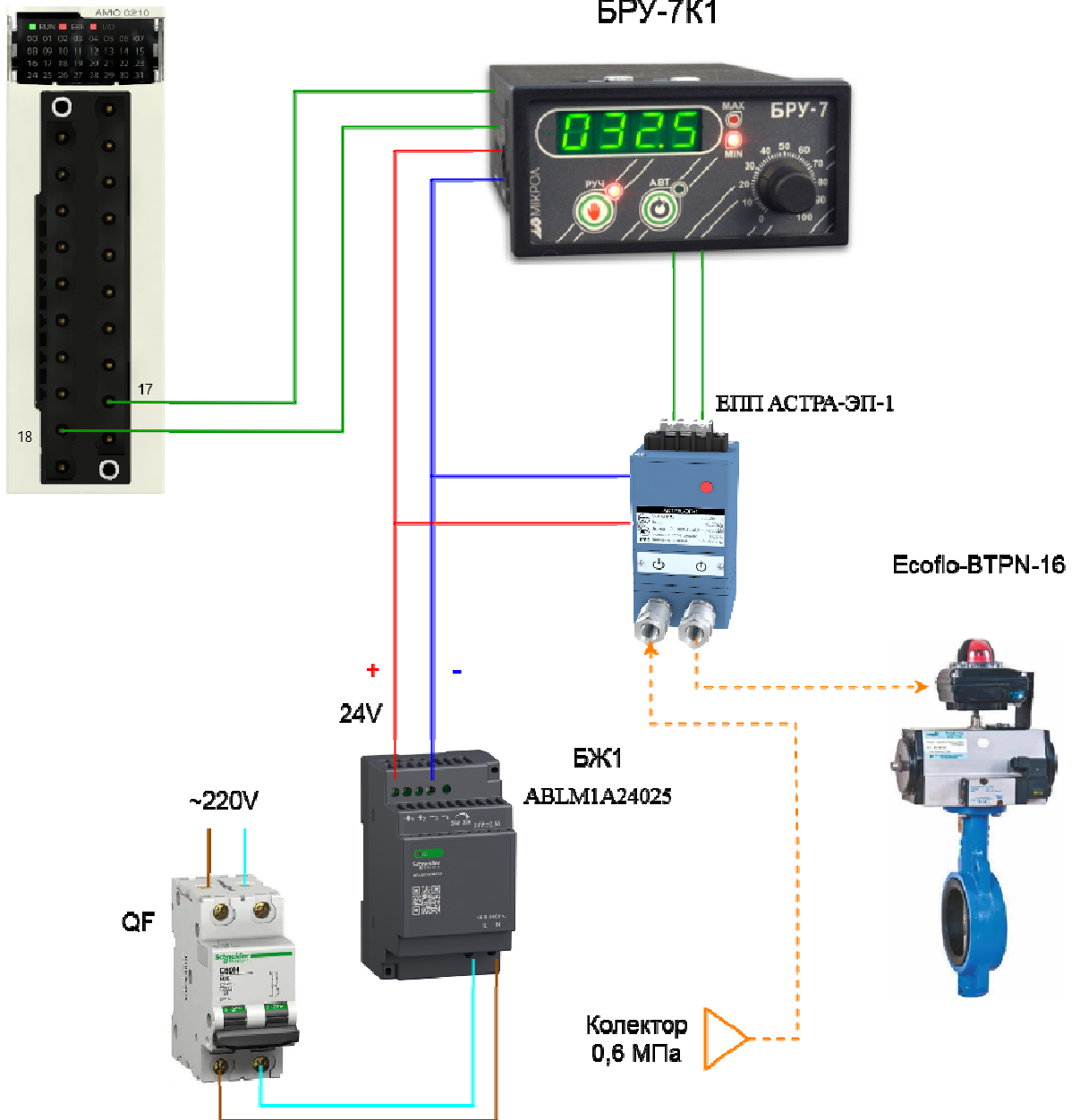


Рис. 3.24. - Графічна схема підключення електропневно перетворювача ЕПП АСТРА-ЭП-1 та ВМ до модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0410 ПЛК.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		137

## Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Водневий (рН-фактор) - це значення активності іонів водню в розчині, що виражає його кислотність в кількісному еквіваленті. Оптимальне значення кислотності дуже умовне, тому ще для різних середовищ показник відрізняється.

В промисловості, найчастіше рН розчинів вимірюється рН-метрами та електродами, виготовленими зі спеціального електродного скла з домішками одновалентних металів: літію, калію, натрію. Скляні електроди малоінерційні, мають стабільні характеристики. Корпус скляного електрода виготовляється з каліброваної трубки, виготовленої зі звичайного скла, до кінця якої приварена мембрана, виготовлена зі спеціального скла. Мембрана може мати будь-яку форму (кулі, конуса, площини) залежно від її призначення. Внутрішня частина електрода заповнена децинормальним розчином соляної кислоти з невеликою кількістю кристалів хлористого срібла. У розчині кислоти розміщений контактний електрод, який через пробку і гумовий ковпачок кабельним наконечником підключається до вимірювального приладу (ВП).

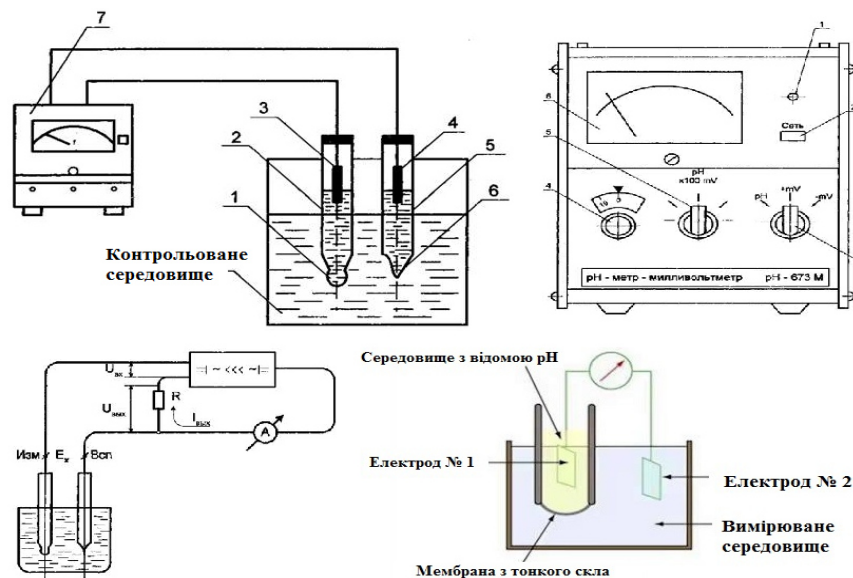


Рис. 4.1. - Загальний принцип дії потенціометричних рН-метрів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бураков М.М.			<i>Розробка системи автоматизації процесу дефекосатурації на цукровому заводі</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Киричук С.А.					138	11
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

1-порожня кулька з електродного скла; 2-скляний електрод; 3-внутрішній контактний електрод; 4-допоміжний електрод; 5-електролітичний ключ; 6-пориста перегородка; 7-рН-метр.

Порівняльним електродом може бути хлористо-срібний або ж каломельний електрод. Внутрішня частина хлористо-срібного електрода заповнена насиченим розчином хлористого калію. Контактний срібний електрод, покритий малорозчинною сіллю хлористого срібла, заведений у розчин, а другий його кінець через трубку і гумовий ковпачок кабельним наконечником підведений до вимірювального приладу ВП. Контакт вимірюваного розчину з розчином хлористого калію відбувається через пористу перегородку.

Взаємодія розчину зі скляною поверхнею приводить до появи різниці потенціалів, зумовленої активністю іонів водню в розчині. Таким чином, вимірюючи потенціал скляного електрода, можна знайти рН розчину.

За принципом дії рН-метри поділяються на такі основні групи приладів: безпосереднього відліку та зі статичною та астатичною компенсаціями. Метод безпосереднього відліку використовується в лабораторних (портативних) рН-метрах, точність вимірювання яких становить  $\pm 0.05$  рН. Компенсаційні схеми найчастіше використовуються в автоматичних рН-метрах з динамічною та статичною компенсаціями. Промисловість випускає датчики погружного та проточного типів.

Крім визначення величини рН, для контролю параметрів рідини використовують прилади для вимірювання розчиненого кисню, редокс-потенціалу (ORP - окислювально-відновного потенціалу).

В кваліфікаційній роботі використовується потенціометричні рН-метри 4131 та рН-електроди ASPB VP 3151 в якості первинного вимірювального приладу. На робочих кресленнях (аркуш 4) наведено основні особливості монтажу технічних засобів, а також їх габаритні розміри.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		139

## Призначення та принцип роботи

Принцип дії приладів ґрунтується на прямому потенціометричному методі визначення активності іонів водню в аналізованій рідині за вимірюванням електрорушійної сили (ЕРС) електродної системи, утвореної вимірювальним електродом та електродом порівняння, зануреної в досліджувану рідину.

Прилад забезпечує вимірювання температури контрольованого розчину шляхом перетворення опору термоперетворювача на температуру відповідно до нормованої статичної характеристики.

Прилад забезпечує цифрову індикацію значень параметрів, що вимірюються (рН та температури), перетворення їх у пропорційні значення аналогових вихідних сигналів постійного струму, обмін даними по цифровому інтерфейсу RS-485, сигналізацію про вихід вимірюваних параметрів за межі заданих значень, а також архівування та графічне відображення результатів вимірювань.

Прилад є одноканальним засобом вимірювання, що складається з електродної системи (ЕС) та вимірювального перетворювача (ВП). ВП рН-4110 складається з первинного вимірювального перетворювача (ПВП) та блоку обробки та індикації (БОІ).

Корпус ПВП кріпиться (у разі комплектної поставки) до арматури АПН, АПТ або АМН, до якої встановлюється ЕС. ВП рН-4131 має моноблочне виконання, в якому ПВП та БОІ поєднані конструктивно. За стійкістю до кліматичних впливів ПП має виконання УХЛ-4, а БОІ - УХЛ 4.2\*, але при температурі від 5 до 50 °С.

Умови експлуатації:

- температура навколишнього середовища: 5...50 °С;
- відносна вологість повітря: до 95 %
- атмосферний тиск: 84... 106,7 кПа

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		140

## Метод вимірювань

При обчисленні рН враховується вплив температури на чутливість до рН-електроду. У загальному випадку рН аналізованого середовища обчислюється за такою формулою:

$$pH = - (E - E_H) / (0,1984 * S/100 \%) * (273,2 + t^\circ) + pH_H,$$

де рН - виміряне значення рН аналізованого середовища; E - значення ЕРС на виході ЕС, мВ; t° - виміряне (у режимі АТК) або задане вручну (у режимі РТК) значення температури, °С; рН<sub>н</sub> - координата ізопотенційної точки рН-електроду; E<sub>н</sub> - координата ізопотенційної точки рН-електроду, мВ; S - крутість характеристики рН-електроду, %.

## Конструкція вимірювального перетворювача

Вимірювальний перетворювач рН-метра складається з первинного вимірювального приладу (ПВП) та блоку обробки та індикації (БОІ). У приладах рН-4110 ППП та БОІ розміщені в окремих корпусах, а в ВП рН-4131 - суміщені конструктивно. Схема електронного блоку ППП побудована на основі мікроконтролера. Вхідні сигнали від рН-електроду і датчика температури, перетворені вимірювальною схемою, надходять на входи аналого-цифрових перетворювачів мікроконтролера, обробляються за заданим алгоритмом і передаються по трипровідній лінії зв'язку в БОІ. Взаємне розташування роз'ємів на платі електронного блоку ППП показано на рис. 4.2:

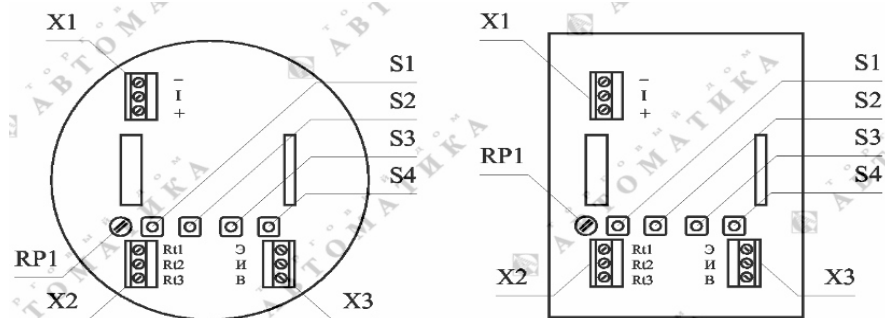


Рис. 4.2. - Друкована плата ПВП для підключення приладів.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		141

X1 - роз'єм для підключення кабелю лінії зв'язку ПВП від БОІ;

X2 - роз'єм для підключення датчика температури;

X3 - роз'єм для підключення електродної системи.

Підстроювальний резистор RP1 та кнопки S1-S4 використовуються для налаштування ППП на підприємстві-виробнику.

БОІ конструктивно складається з друкованої плати блоку комутації, плати блоку обробки з кнопками управління та рідкокристалічним індикатором, роз'ємів для підключення вхідних та вихідних сигналів. Взаємне розташування роз'ємів, елементів індикації та управління на панелі показано на рис. 4.3.

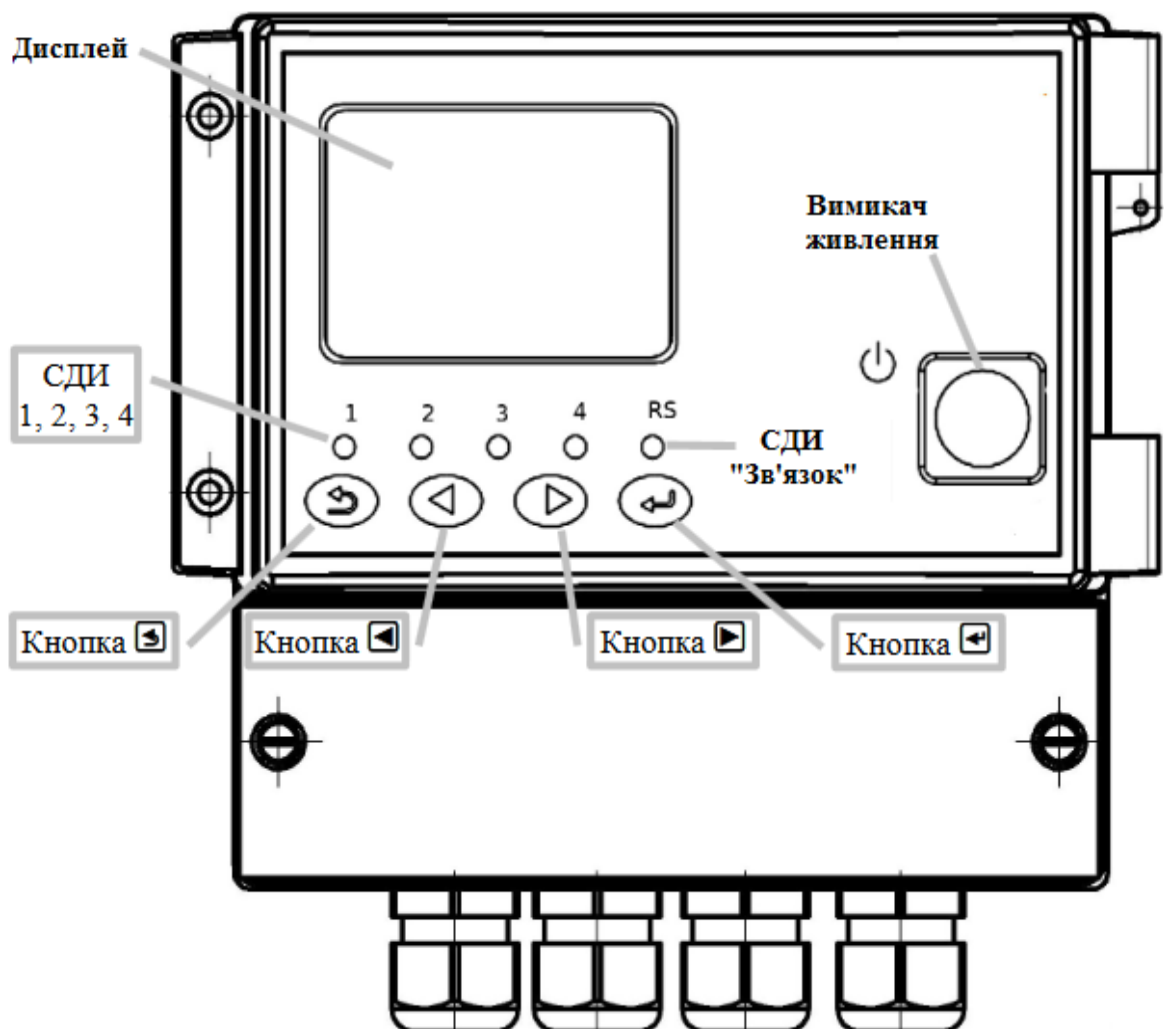


Рис. 4.3. - Вид а розміщення функціональних елементів зі сторони передньої панелі вимірювального перетворювача.

На передній панелі рН-метра розташовані такі елементи:

- графічний рідкокристалічний індикатор зі світлодіодним підсвічуванням вимірюваної величини та встановлених параметрів;
- світлодіодний двоколірний одиничний індикатор роботи інтерфейсу (RS);
- світлодіодні одиничні індикатори червоного кольору для світлової сигналізації увімкнення реле сигналізації (1), помилки (2), очищення (3);
- кнопка живлення;
- кнопка ліворуч по меню, повернення, скасування;
- кнопка вгору по меню, праворуч за позиціями цифр;
- кнопка вниз по меню, збільшення цифри;
- кнопка праворуч по меню, вибір та ліворуч по меню з фіксацією.

### **Монтаж засобу на об'єкті**

Підключення електродної системи здійснюється відповідно до схеми зовнішніх з'єднань (рис. 4.4). Підключення ЕС, встановленої в арматурі ДПГ-4М або ДМ-5М до приладу може здійснюватися за допомогою кабелю, що постачається у комплекті з приладом.

ВП - вимірювальний перетворювач;

ДТ - датчик температури;

рН - комбінований рН електрод;

ЗЕ - заземлюючий електрод.

При двопровідному (недиференційному) підключенні заземлюючий електрод відсутній, контакти 2 - 3 з'єднуються перемичкою.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		143

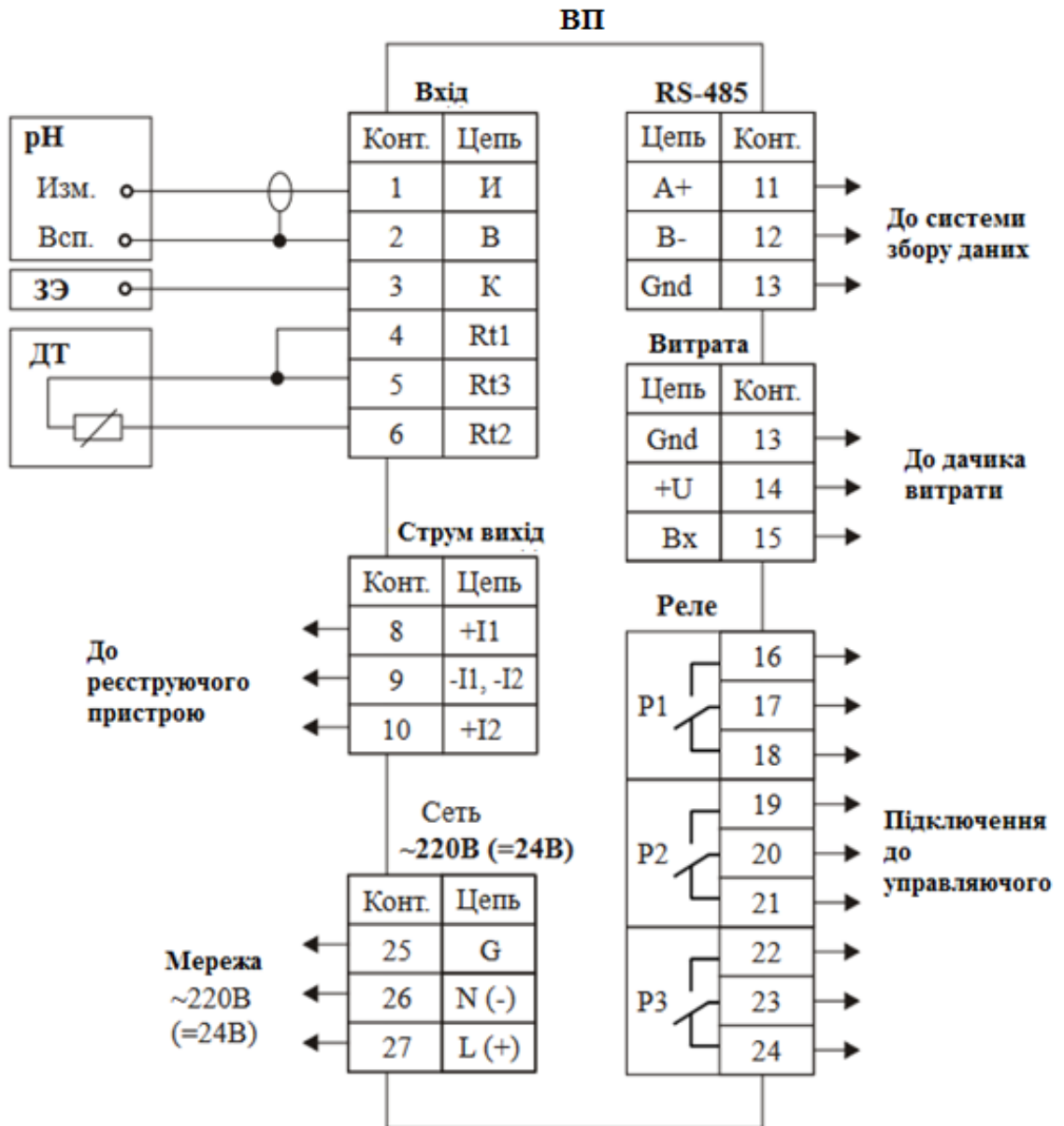


Рис. 4.4. - Схема зовнішніх з'єднань рН-метра.

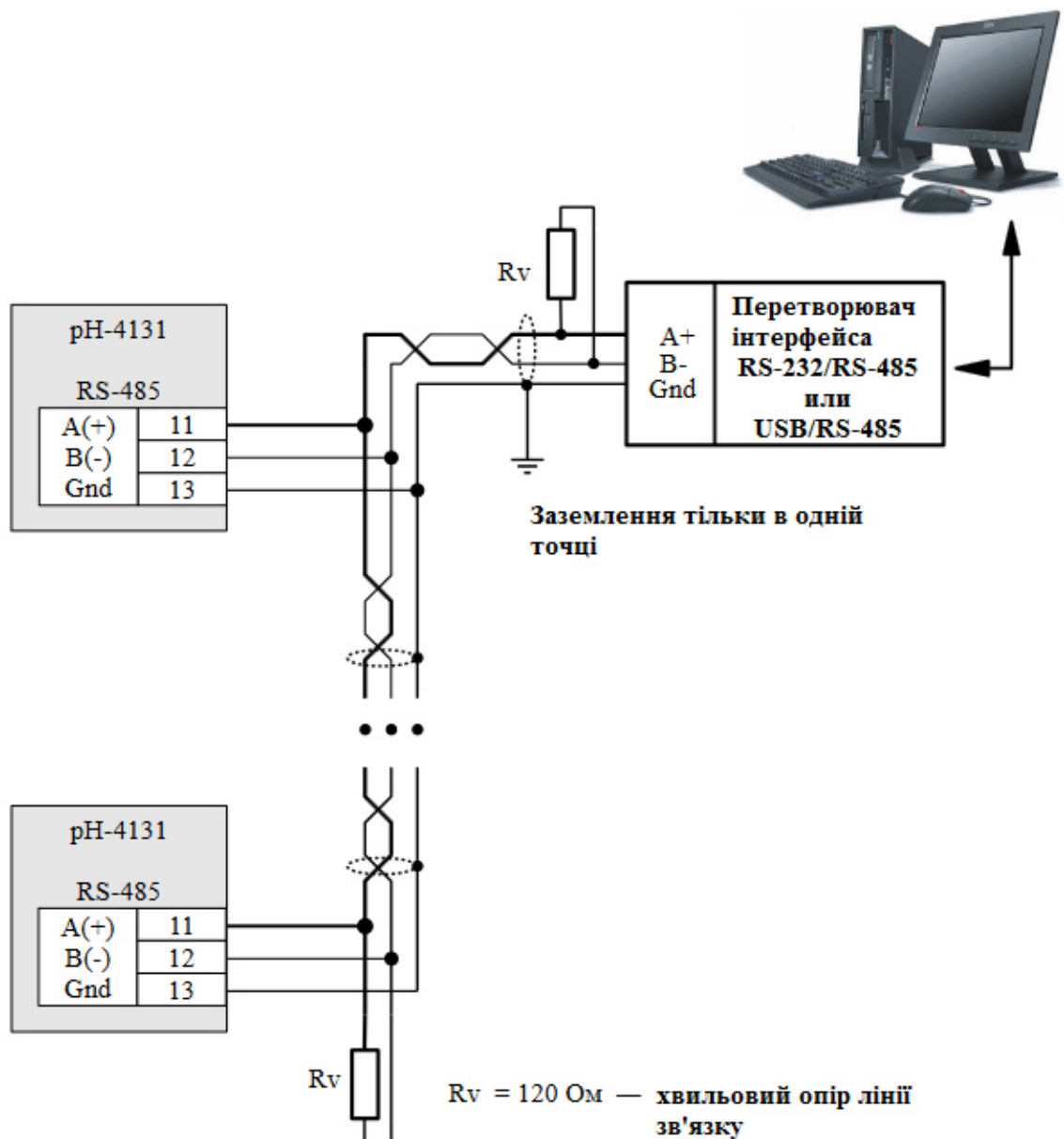


Рис. 4.5. - Включення приладів з інтерфейсом RS-485 в локальну мережу.

ВП рН-4131, що поставляється в комплекті з арматурою типу ДПГ-4М або ДМ-5М монтується на петлі задньої стінки корпусу, кріпиться безпосередньо на арматуру або DIN-рейку.

Кабелі для підключення ВП до арматури входять до комплекту поставки, кабелі укладені в металорукав, який закріплюється на корпусі ВП за допомогою спеціального кабельного введення. Блок обробки та індикації встановлюється на петлі задньої стінки корпусу.

При монтажі приладів необхідно передбачити такі умови:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		145

- місце установки має бути легко доступним для обслуговування;
- над місцем установки не повинно бути кранів, фланців та трубопроводів підбігання попадання крапель агресивних розчинів;
- ПВП з арматурою проточного типу встановлюється на обвідному трубопроводі, установка безпосередньо на технологічну магістраль рекомендується лише у випадках, коли магістраль може бути відключена без збитків для технологічного процесу на час проведення робіт з технічного обслуговування електрода;
- монтаж ПВП з арматурою занурювального типу проводиться в бак (ємність), заповнений аналізованим середовищем, монтаж в порожній бак не рекомендується внаслідок висихання водомісткого шару мембрани електрода, що вимагатиме його наступного вимочування;
- комбінований електрод повинен завжди бути зануреним у аналізовану рідину, в сухому стані електрод не повинен бути більше 10 хвилин. Провід заземлення підключити до відповідної клеми.

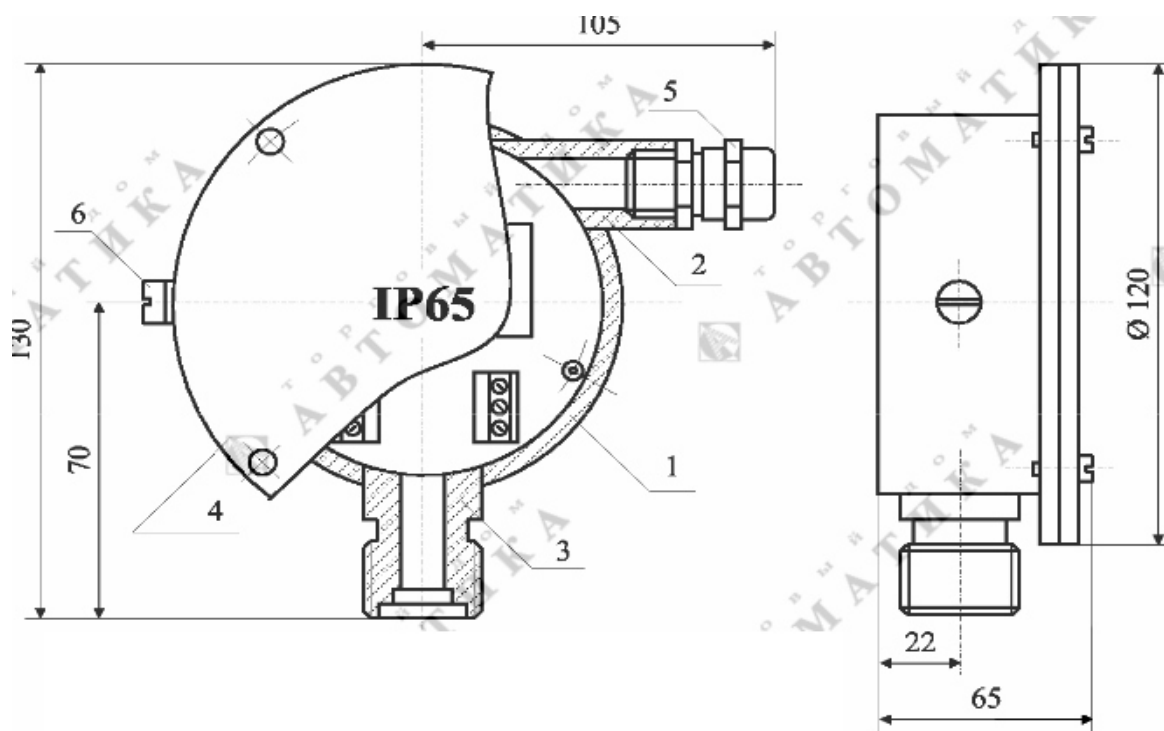


Рис. 4.6. - Схема корпусу ПВП з габаритними розмірами. 1-корпус перетворювача, 2,3-перехідники, 4-кришка, 5-кабельний ввід, 6-гвинт заземлення.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		146

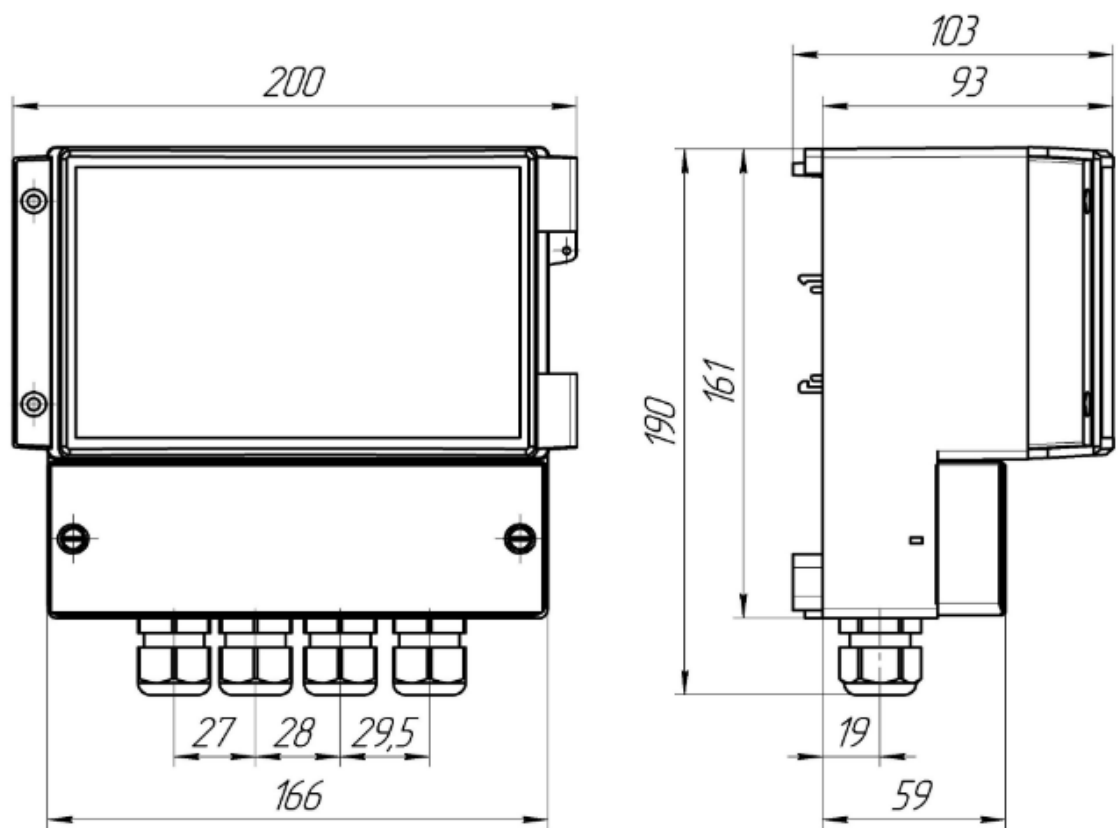


Рис. 4.7. - Габаритні та монтажні розміри вторинного перетворювача (рН-4131).

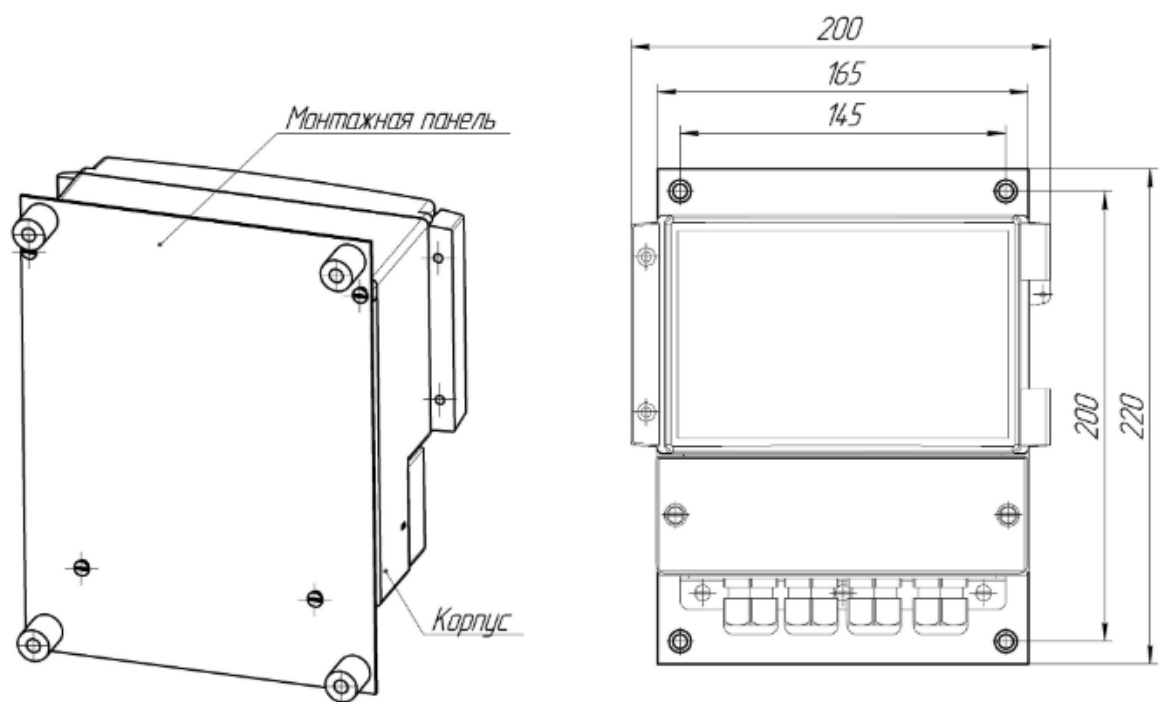


Рис. 4.8. - Кріплення вимірювального перетворювача за допомогою монтажної панелі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

147

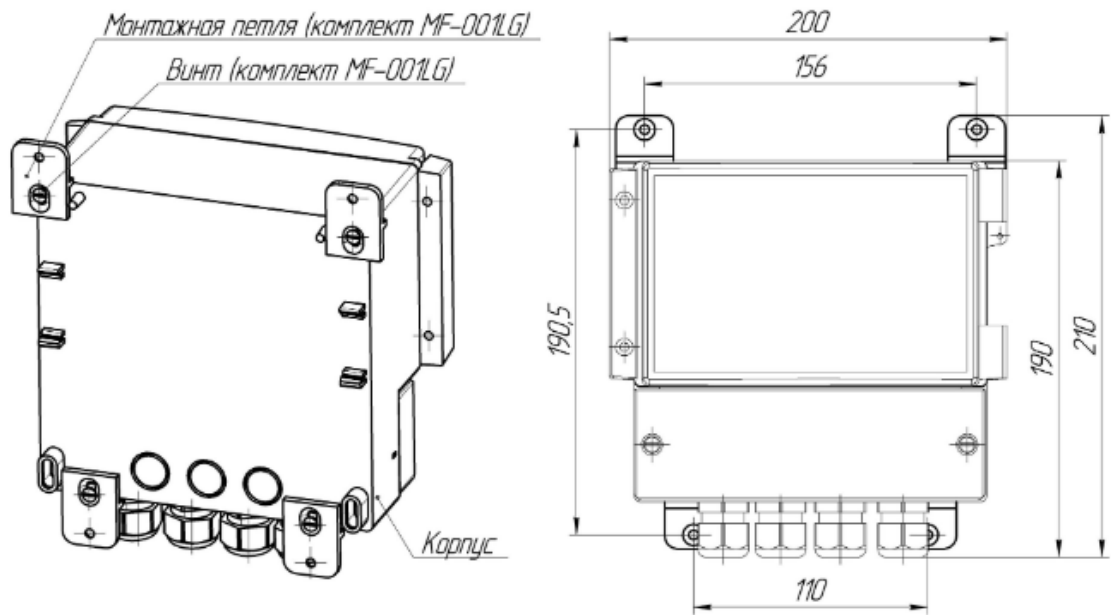


Рис. 4.9. - Кріплення вимірювального перетворювача за допомогою монтажних петель.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		148

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

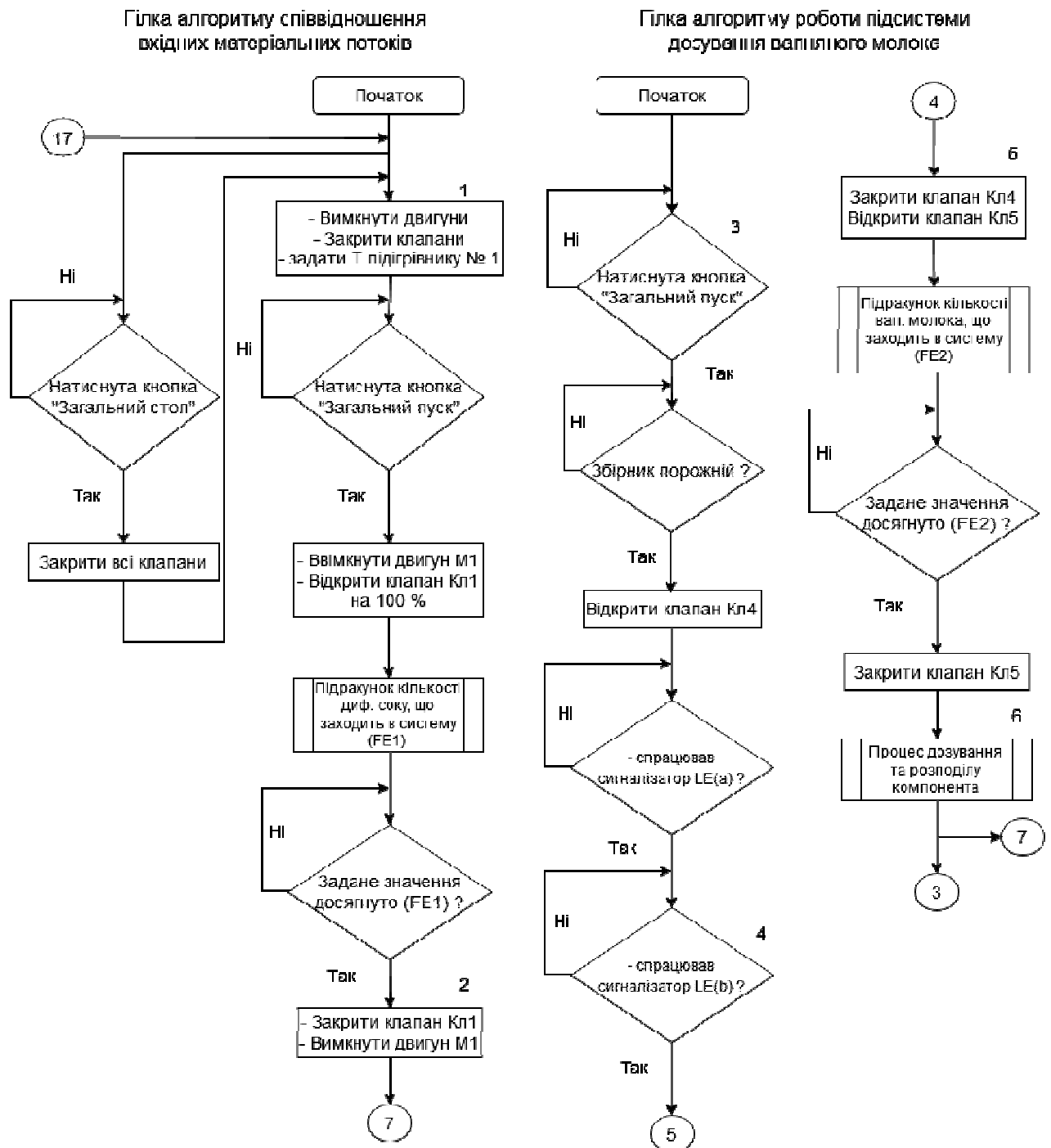
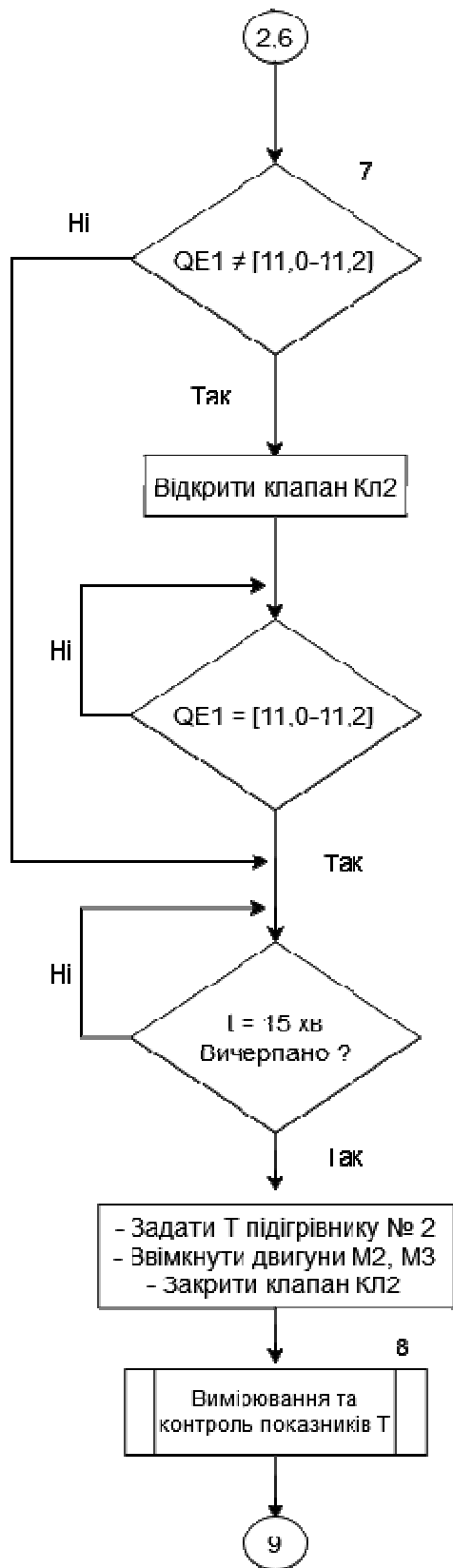


Рис. 5.1. - Фрагмент блок-схеми алгоритму управління дільницею № 1.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Кваліфікаційна робота</b>			
Розроб.		Бураков М.М.			<b>Розробка системи автоматизації процесу дефекосатурації на цукровому заводі</b>	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Киричук С.А.					149	11
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<b>НУХТ АК-4-1</b>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Гілка алгоритму управління етапами основної та гарячої дефекації № 1



Гілка алгоритму управління етапом першої сатурації

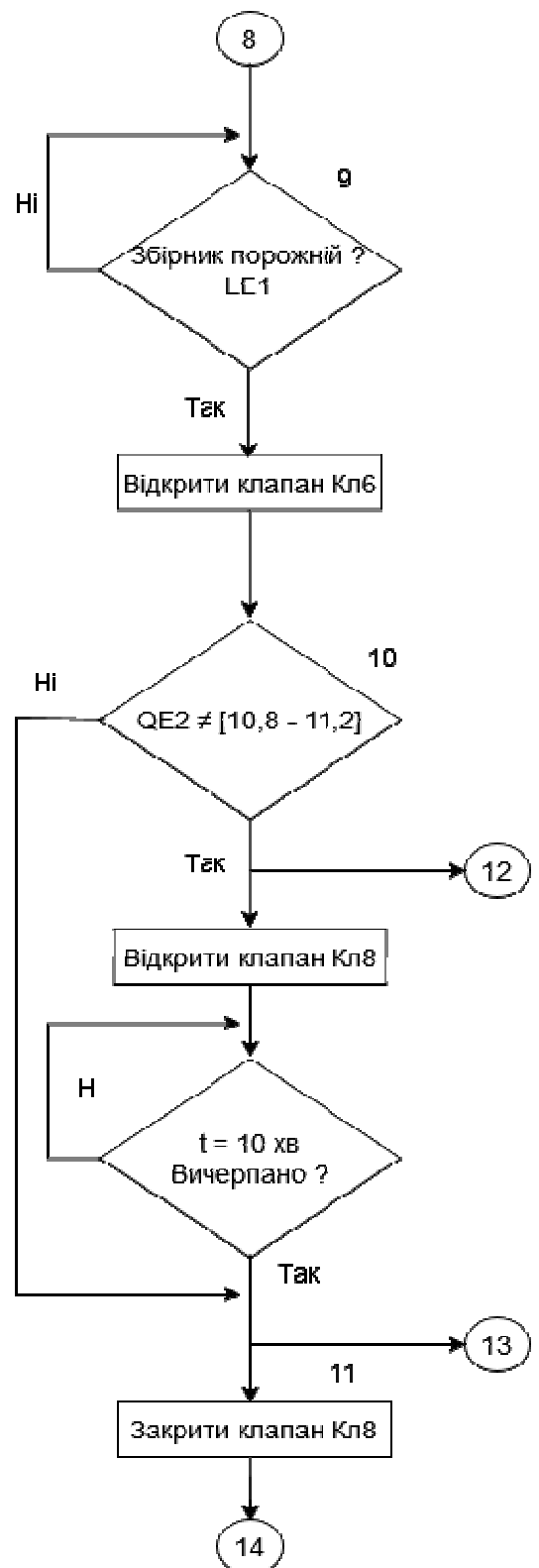
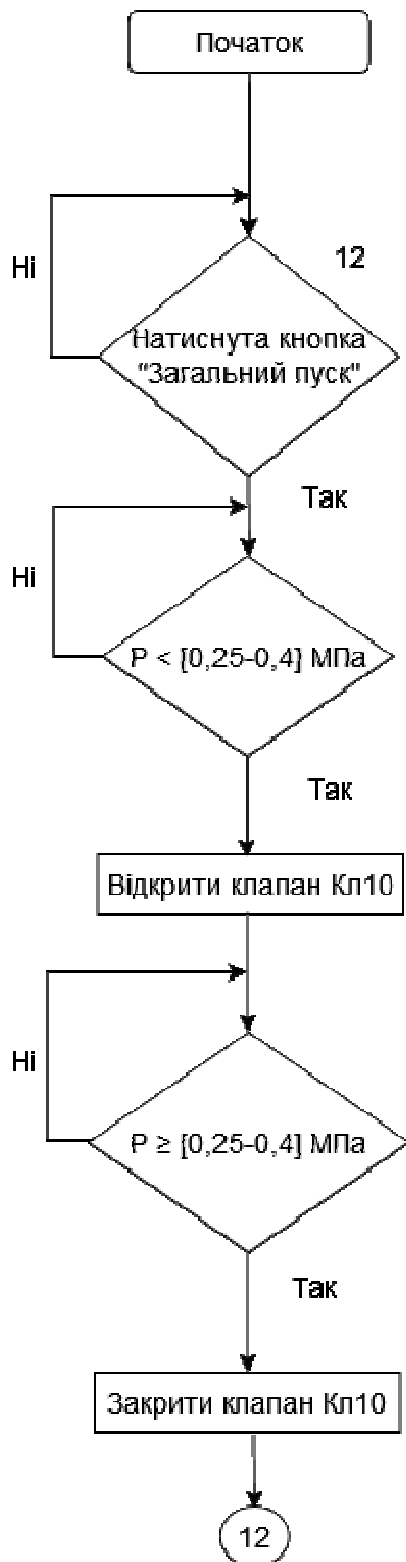


Рис. 5.2. - Фрагмент блок-схеми алгоритму управління дільницею № 2.

Гілка алгоритму подачі сатураційного газу в систему трубопроводу



Гілка алгоритму управління подачею соку циркуляційї

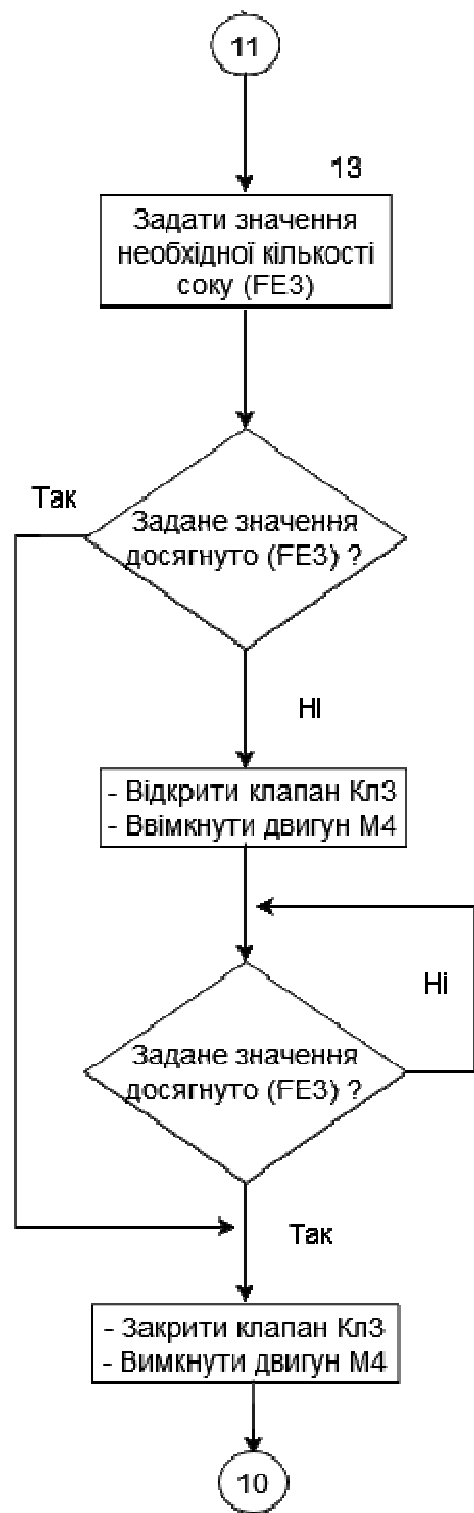


Рис. 5.3. - Фрагмент блок-схеми алгоритму управління дільницею № 3.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Гілка алгоритму управління етапами  
фільтрації та другої сатурації

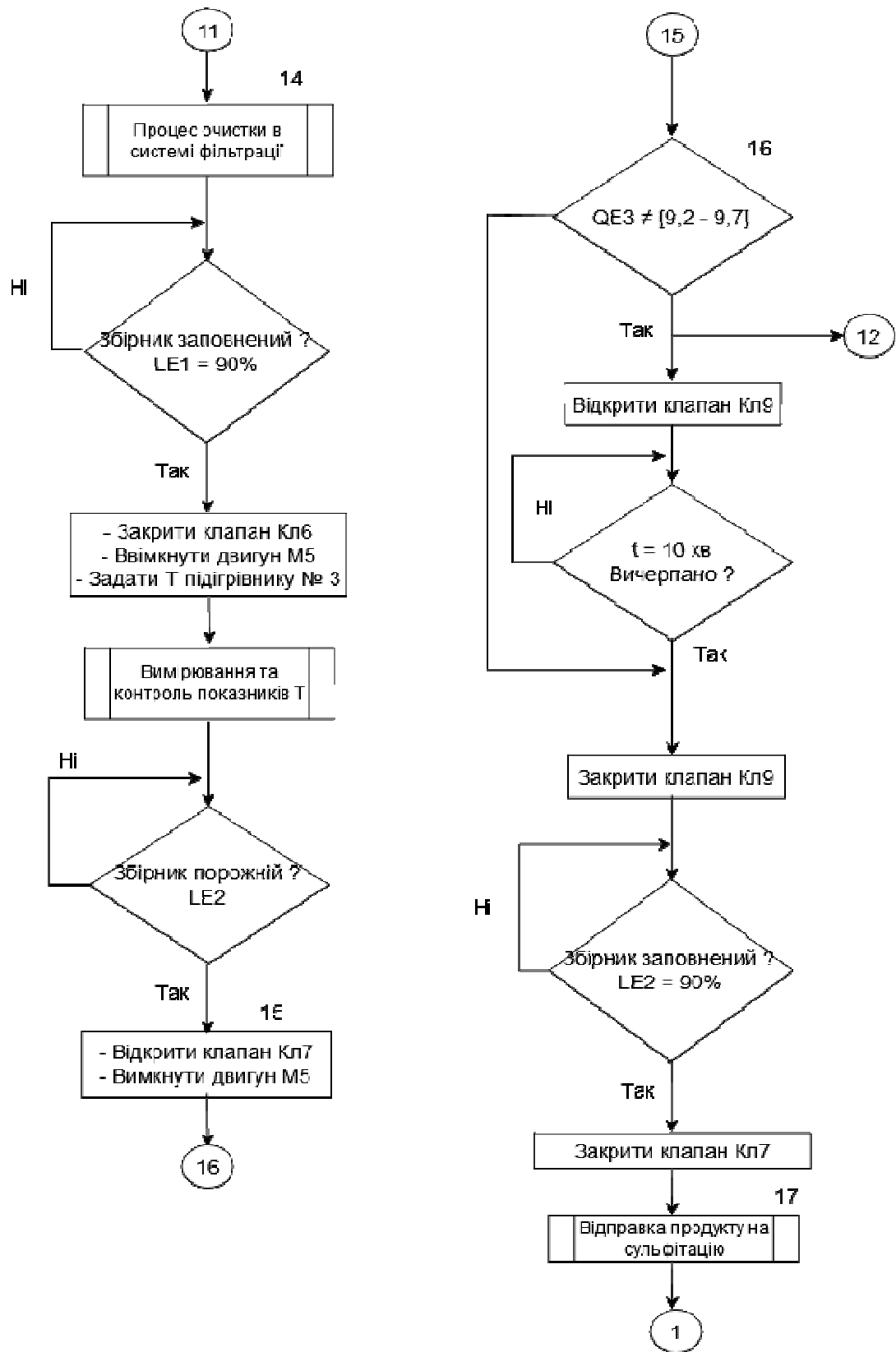


Рис. 5.4. - Фрагмент блок-схеми алгоритму управління дільницею № 4.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Відповідно до наведеного вище алгоритму проводиться програмування ПЛК в програмному пакеті Unity PRO XL. В табл. 5.1. представлено змінні, які використовуються в написанні програми користувача для управління технологічними процесами очистки дифузійного соку на ділянці дефекосатурації під час приготування цукру-піску.

Таблиця 5.1. Змінні для програми користувача в ПЛК.

Ім'я змінної	Тип змінної	Адреса	Найменування
1	2	3	4
FE1	REAL	%IW0.1.0	Кількість соку, що потрапляє в переддефекатор
FE2	REAL	%IW0.1.1	Кількість вапняного молока, що надходить на дозування
FE3	REAL	%IW0.1.2	Кількість соку циркуляції
KL1	REAL	%QW0.4.0	Клпан подачі дифузійного соку в переддефекатор
KL2	REAL	%QW0.5.0	Клпан подачі вапняного молока в переддефекатор
KL3	REAL	%QW0.4.2	Клпан подачі соку циркуляції в переддефекатор
KL4	EBOOL	%Q0.6.5	Клпан подачі вапняного молока в збірник
KL5	REAL	%QW0.4.1	Клпан подачі вапняного молока в дозатор
KL6	REAL	%QW0.4.3	Клпан подачі соку на першу сатурацію
KL7	REAL	%QW0.4.4	Клпан подачі соку на другу сатурацію
KL8	REAL	%QW0.5.1	Клпан подачі сатураційного газу в перший сатуратор
KL9	REAL	%QW0.5.2	Клпан подачі сатураційного газу в другий сатуратор
KL10	REAL	%QW0.5.3	Клпан подачі сатураційного газу в систему трубопроводу
LE1	REAL	%IW0.2.0	Рівень в проміжному збірнику № 1
LE2	REAL	%IW0.2.1	Рівень в проміжному збірнику № 2
LEa	EBOOL	%I0.3.0	Верхній сигналізатор рівня в збірнику вапняного молока
LEb	EBOOL	%I0.3.1	Нижній сигналізатор рівня в збірнику вапняного молока

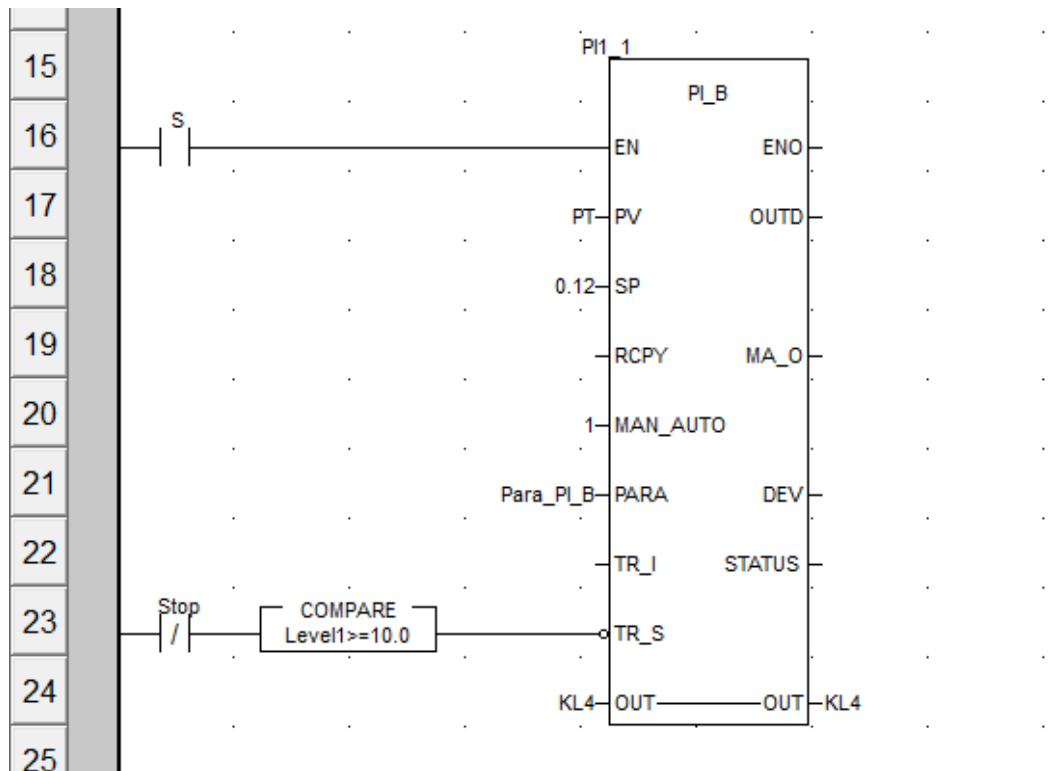
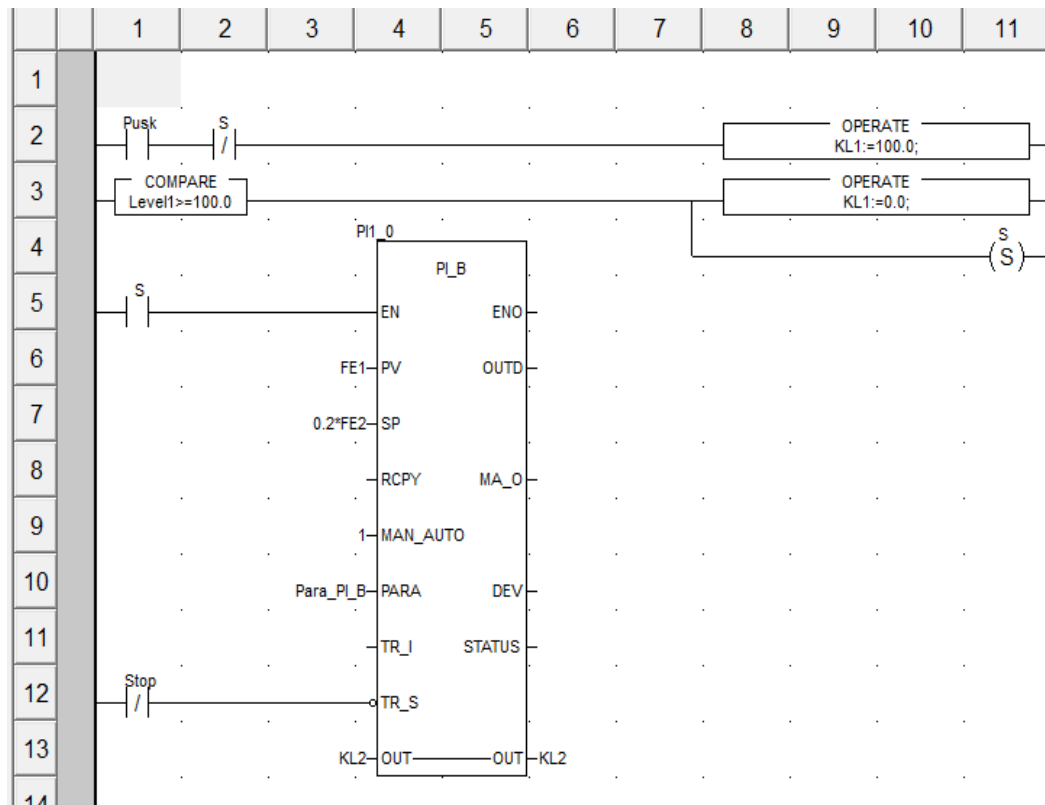
Продовження таблиці 5.1

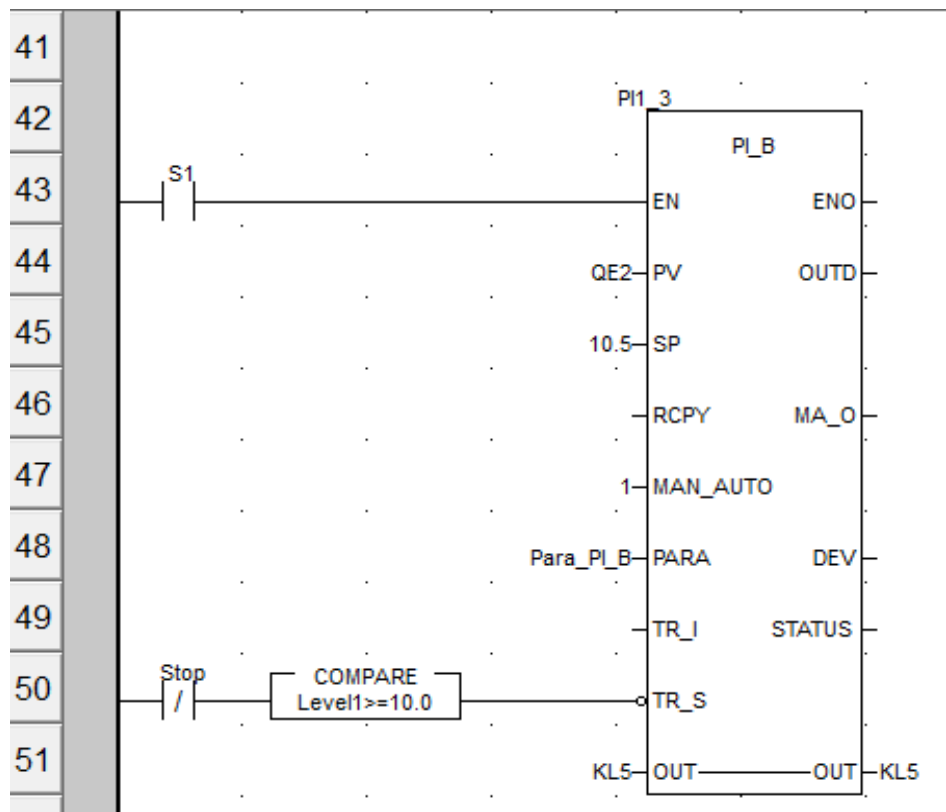
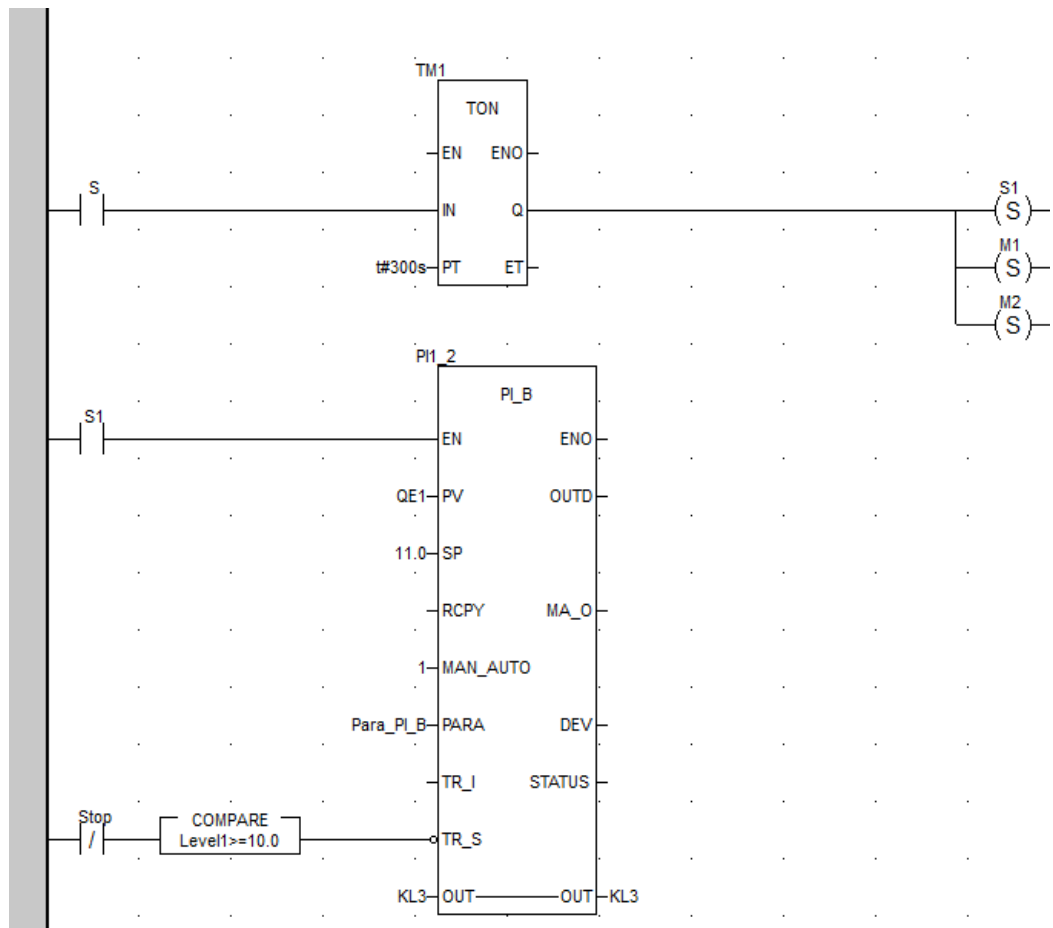
1	2	3	4
M1	EBOOL	%Q0.6.0	Двигун насоса подачі соку в переддефекатор
M2	EBOOL	%Q0.6.1	Двигун насоса подачі соку в холодний дефекатор
M3	EBOOL	%Q0.6.2	Двигун насоса подачі соку в гарячий дефекатор 1
M4	EBOOL	%Q0.6.3	Двигун насоса повернення соку циркуляції в переддефекатор
M5	EBOOL	%Q0.6.4	Двигун насоса подачі соку в гарячий дефекатор 2
PT	REAL	%IW0.2.2	Датчик тиску в трубопроводі сатураційного газу
Pusk	EBOOL	%I0.3.2	Загальна кнопка "Пуск"
QE1	REAL	%IW0.1.3	Значення рН після переддефекації
QE2	REAL	%IW0.1.4	Значення рН після першої сатурації
QE3	REAL	%IW0.1.5	Значення рН після другої сатурації
Stop	EBOOL	%I0.3.3	Загальна кнопка "Стоп"
TE1	REAL	%IW0.2.3	Температурний показник соку в першому гарячому дефекаторі
TE2	REAL	%IW0.2.4	Температурний показник соку в другому гарячому дефекаторі

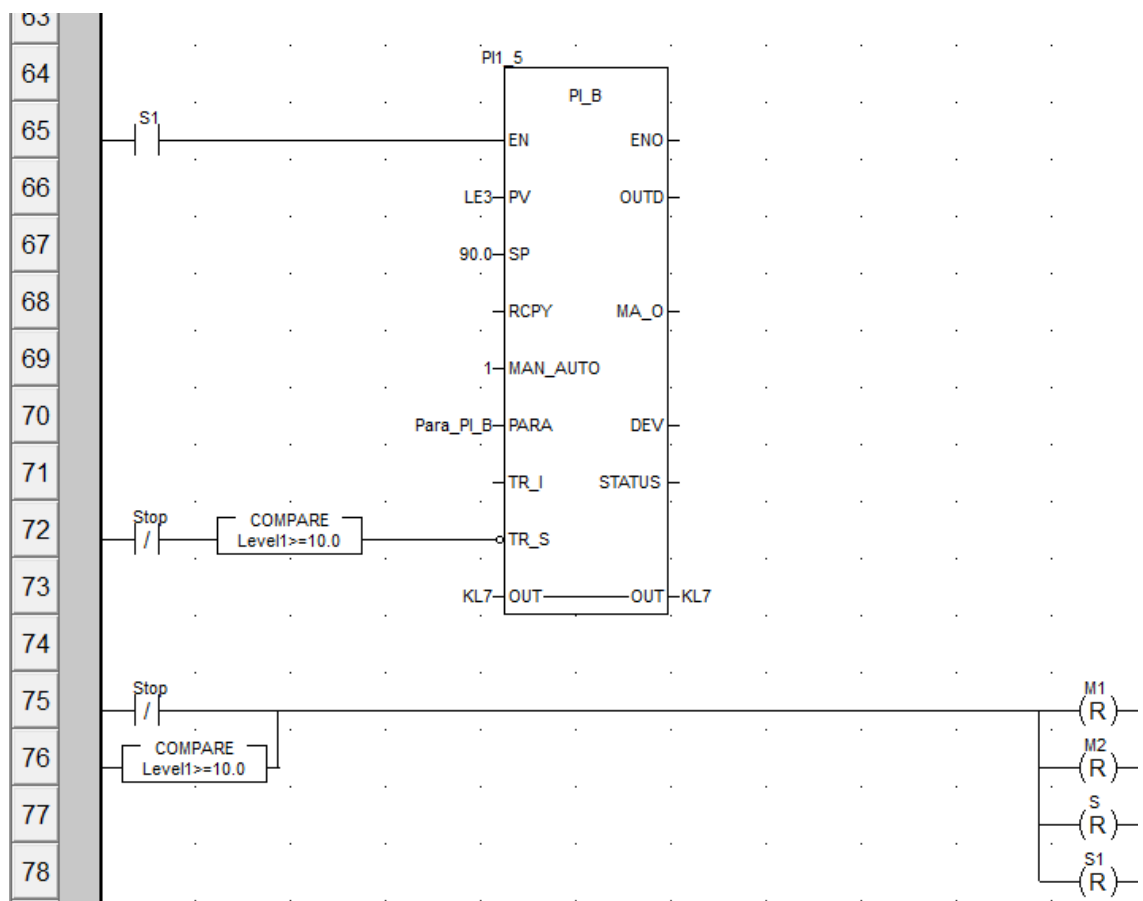
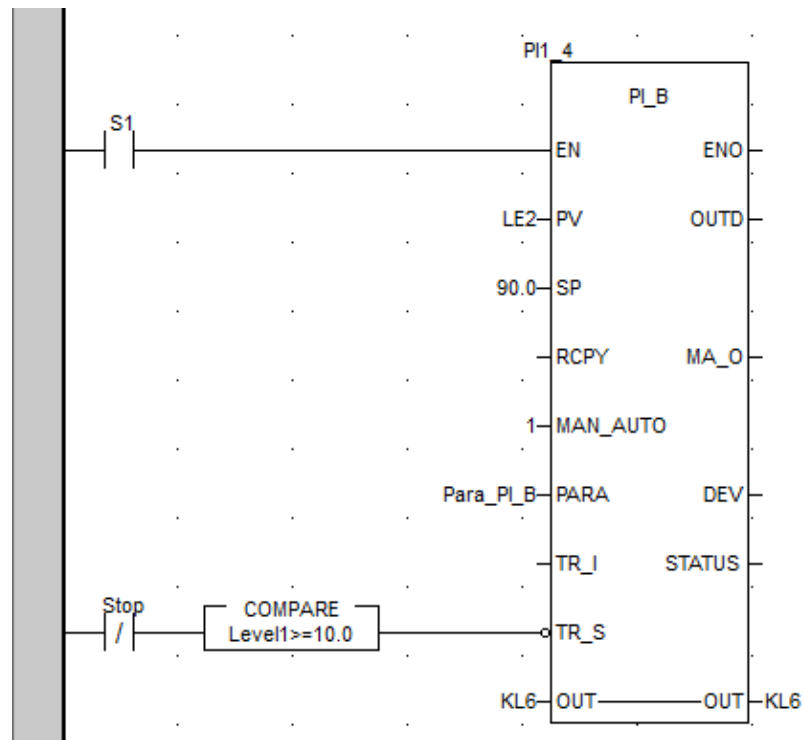
Програма користувача, що задає логіку управління технологічними процесами очистки дифузійного соку на дільниці, розроблена на мові програмування (LD) Ladder diagram з елементами ST (Structured Text) для ПЛК M340. Лістинг та фрагменти програми наведено нижче.

## Лістинг програми:

Фрагменти основної секції програми:







Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

157

Фрагмент секцій програми для імітації тиску:

```
%M100:=%S5;  
  
IF %M100 THEN  
PT:=PT*0.98+KL4*0.02;  
END_IF;
```

Фрагмент секцій програми для імітації витрати:

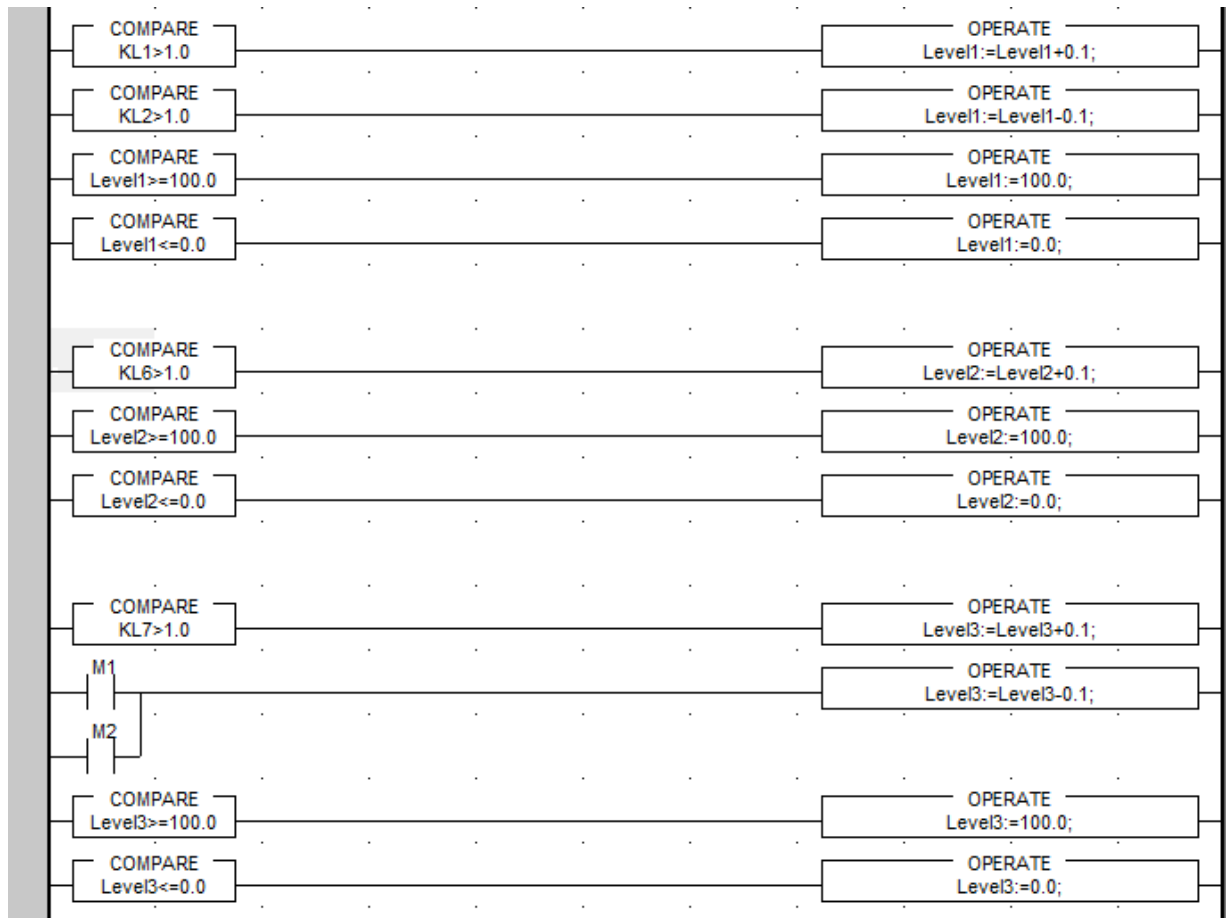
```
IF M2=1 THEN  
FE3:=100.0;  
END_IF;  
  
IF M2=0 THEN  
FE3:=0.0;  
END_IF;  
  
%M100:=%S5;  
  
IF %M100 THEN  
FE1:=FE1*0.98+KL2*0.02;  
END_IF;  
  
FE2:=200.0;
```

Фрагмент секцій програми для імітації рН:

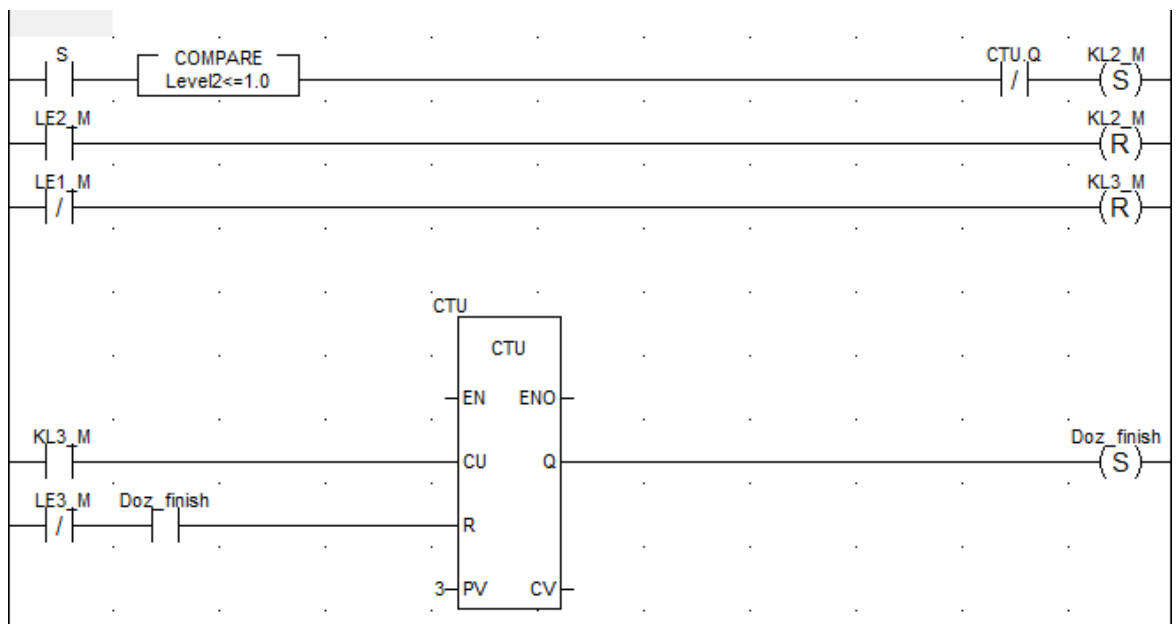
```
%M100:=%S5;  
  
IF %M100 THEN  
QE1:=QE1*0.98+KL3*0.02;  
END_IF;  
  
IF %M100 THEN  
QE2:=QE2*0.98+KL5*0.02;  
END_IF;
```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		158

### Фрагмент секцій програми для імітації рівня:



### Фрагмент секцій програми для імітації роботи дозатора:



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

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

Дисплейна мнемосхема процесу очистки дифузійного соку на дільниці дефекосатурації, при виробництві цукру-піску розроблена в програмному забезпеченні Citect SCADA 2018 R2. Змінні, що використовуються при розробці дисплейної мнемосхеми наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Змінні в Citect SCADA 2018 R2

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. Вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. Значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
FE1	%IW0.1.0	0	10000	0	250	INT
FE2	%IW0.1.1	0	10000	0	250	INT
FE3	%IW0.1.2	0	10000	0	250	INT
KL1	%QW0.4.0	0	10000	0	100	INT
KL2	%QW0.5.0	0	10000	0	100	INT
KL3	%QW0.4.2	0	10000	0	100	INT
KL4	%Q0.6.5	0	1	0	1	EBOOL
KL5	%QW0.4.1	0	10000	0	100	INT
KL6	%QW0.4.3	0	10000	0	100	INT
KL7	%QW0.4.4	0	10000	0	100	INT
KL8	%QW0.5.1	0	10000	0	100	INT
KL9	%QW0.5.2	0	10000	0	100	INT
KL10	%QW0.5.3	0	10000	0	100	INT
LE1	%IW0.2.0	0	10000	0.1	20	INT
LE2	%IW0.2.1	0	10000	0.1	20	INT

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Бураков М.М.			<b>Розробка системи автоматизації процесу дефекосатурації на цукровому заводі</b>	<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Керівник		Киричук С.А.					160	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<b>НУХТ АК-4-1</b>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7
LEa	%I0.3.0	0	1	0	1	EBOOL
LEb	%I0.3.1	0	1	0	1	EBOOL
M1	%Q0.6.0	0	1	0	1	EBOOL
M2	%Q0.6.1	0	1	0	1	EBOOL
M4	%Q0.6.2	0	1	0	1	EBOOL
M5	%Q0.6.3	0	1	0	1	EBOOL
PT	%Q0.6.4	0	1	0	68000	INT
Pusk	%IW0.2.2	0	10000	0	1	EBOOL
QE1	%I0.3.2	0	1	0	14	INT
QE2	%IW0.1.3	0	10000	0	14	INT
QE3	%IW0.1.4	0	10000	0	14	INT
Stop	%IW0.1.5	0	10000	0	1	EBOOL
TE1	%I0.3.3	0	1	-50	+600	INT
TE2	%IW0.2.3	0	10000	-50	+600	INT

Таблиця 6.2. Аларми аналогових сигналів

Тег аларма	Ім'я аларма	Змінний тег	Критично низький	Критично високий
A_TE_1	Температура в гарячому дефекаторі 1	TE1	-	95 С
A_TE_2	Температура в гарячому дефекаторі 2	TE2	-	95 С
A_PT_1	Тиск в трубопроводі подачі сатураційного газу	PT	-	0.3 МПа
A_LE_1	Рівень в проміжному збірнику 1	LE1	-	85%
A_LE_2	Рівень в проміжному збірнику 2	LE2	-	85%

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Дисплейна мнемосхема процесу очистки дифузійного соку при виробництві цукру-піску відображає дані з датчиків, відкриття чи закриття клапанів, кнопки запуску та зупинки, анімаційне відображення переходу стадій технологічного процесу. Така схема дозволяє оператору контролювати перебіг технологічного процесу з автоматизованого робочого місця АРМ.

В разі необхідності оператор може перейти до ручного, або автоматичного режиму управління і вносити зміни в управляючу дію, відносно виконавчих механізмів, мішалок, двигунів, клапанів та насосів.

Для переходу в ручний чи автоматичний режим роботи оператор повинен натиснути на кнопку яка відповідає за той чи інший режим. Оператор може змінювати ступінь відкриття клапанів, задавати частоту обертання двигунів.

Для того, щоб на виробництві не виикали аварійні ситуації та не порушився плин технологічного процесу, на мнемосхемі оператор може спостерігати за значенням параметрів і як тільки будь-яке зі значень перевищить максимальні або мінімальні допустимі границі, оператор одразу побачить відповідне повідомлення про попередження або тривогу. Також відбудеться зміна кольору цього параметру. Якщо параметр буде виходити за рамки граничного значення із аварійними показниками, колір буде червоним, якщо показник незначно відхилився, виникне попередження жовтим кольором. При роботі, двигуни та насоси мають зелений колір, якщо двигун вимкнений і готовий до роботи - сірий / білий кольори.

Дисплейна мнемосхема процесу очистки дифузійного соку при виробництві цукру-піску наведена на рис. 6.1.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		162

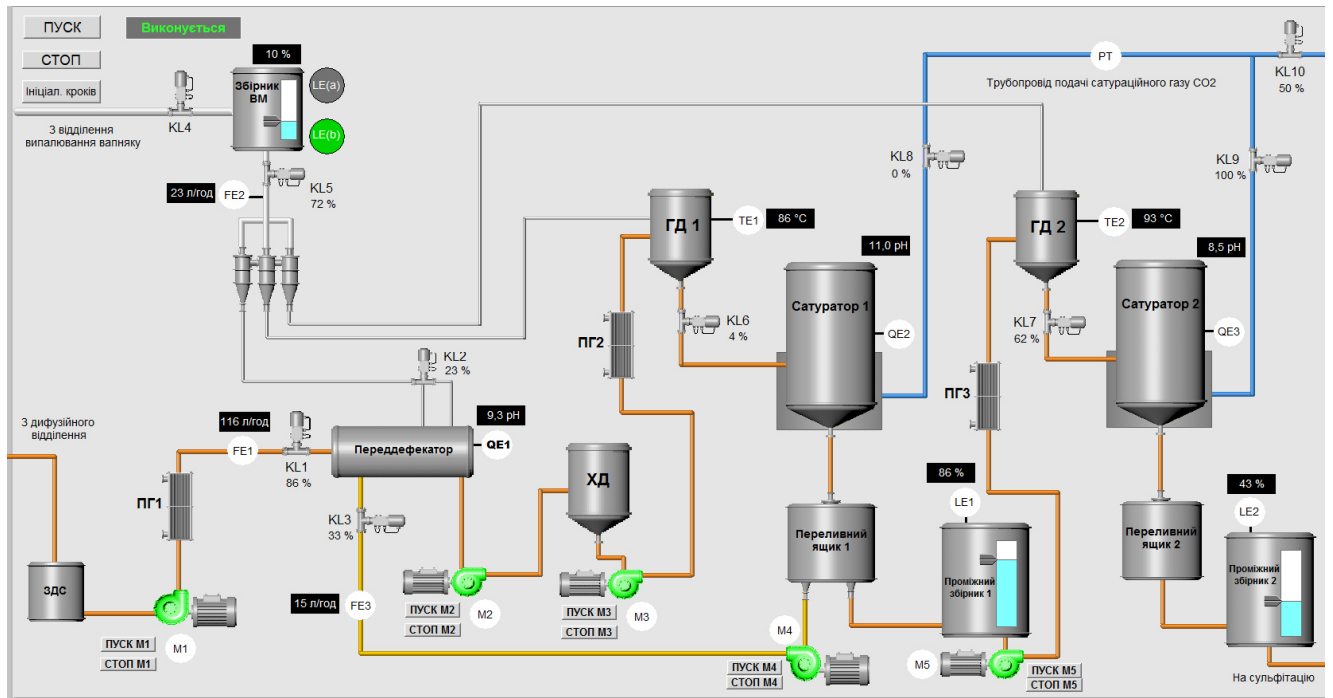


Рис. 6.1. - Дисплейна мнемосхема процесу очистки дифузійного соку (дефекосатурації) при виробництві цукру-піску.

На вкладці Alarms користувач має можливість відстежувати тривоги та попередження в реальному часі, продивлятися історію повідомлень тривог та налаштовувати їх.

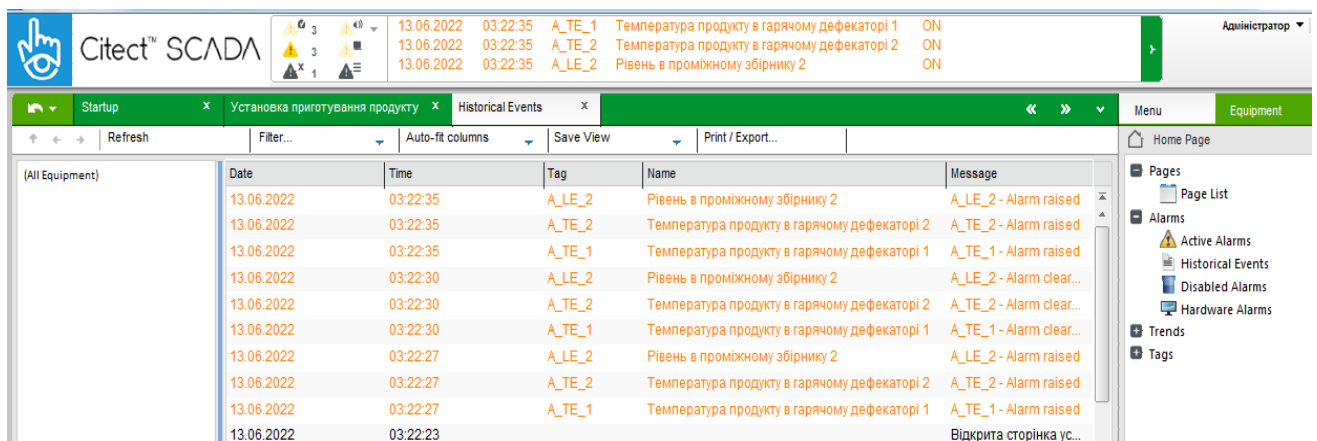


Рис. 6.2. - Вкладка з історією подій (тривоги та попереджень).

На сторінці Trends користувач має можливість спостерігати за графіками тегів / змінних в реальному часі, змінювати параметри їх показу та продивлятися архівні записи трендів за будь-який проміжок часу.

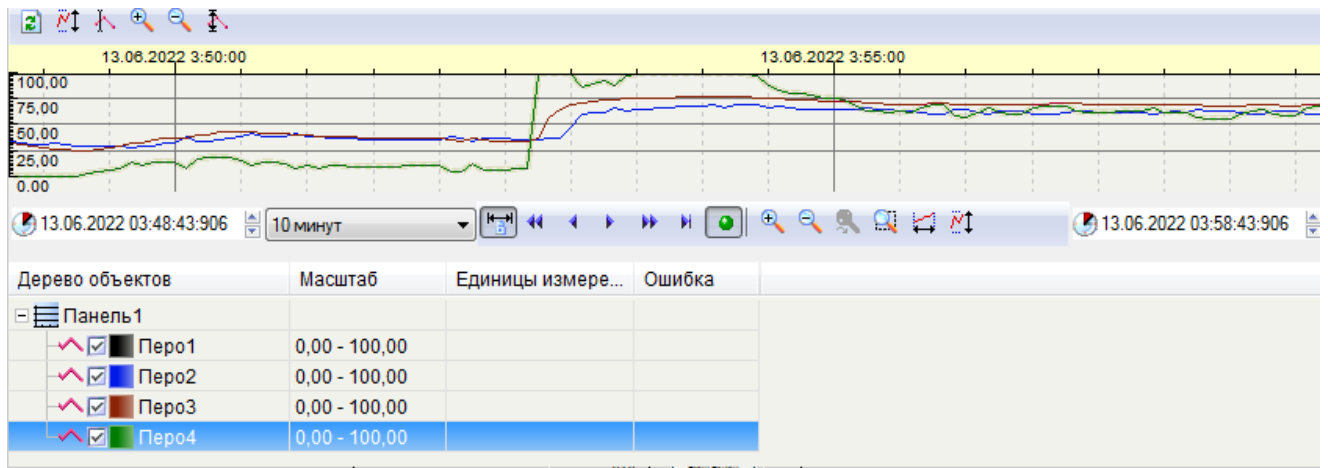


Рис. 6.3. - Вікно відображення трендів в реальному часі № 1.

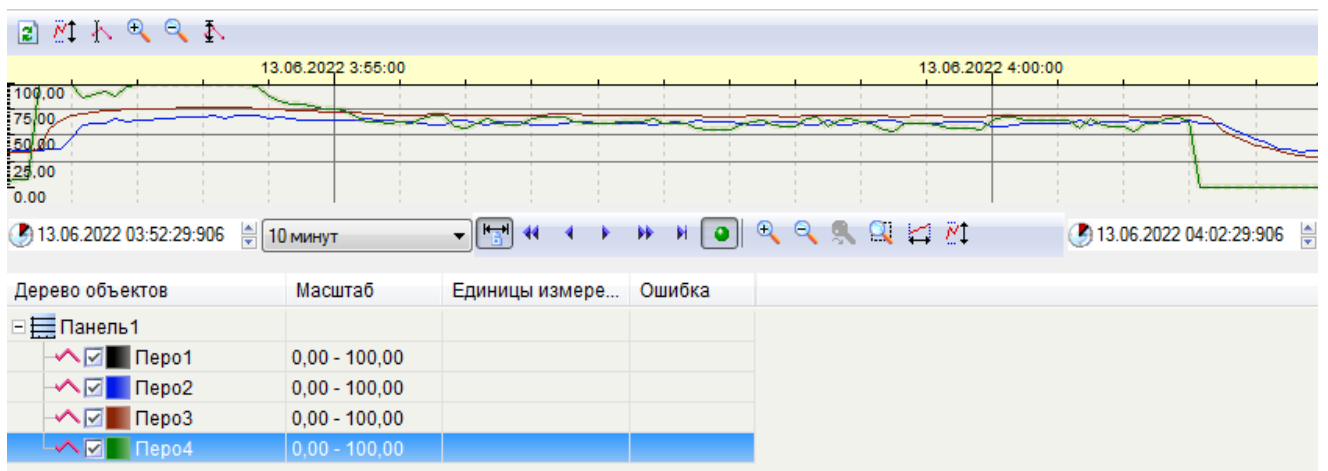


Рис. 6.4. - Вікно відображення трендів в реальному часі № 2.

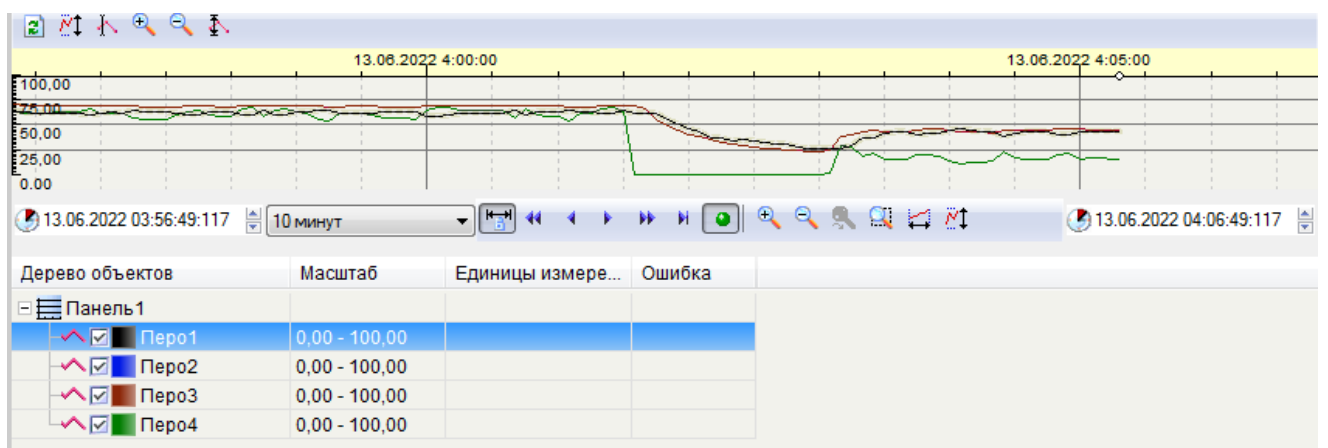


Рис. 6.5. - Вікно відображення трендів в реальному часі № 3.

## Висновок

В кваліфікаційній роботі виконано розробку системи автоматизації процесу дефекосатурації на дільниці цукрового заводу. Розроблена відповідна технічна документація. Проведено обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації, що є оптимальним варіантом використання на дільниці. Для цілей дільниці обрано промисловий логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric M340. Виконано його конфігурування необхідною кількістю та типом модулів, а також розробка програми користувача на основі програмного пакету Unity PRO XL. Наведена дисплейна мнемосхема дільниці. Розроблена в програмному пакеті Citect SCADA 2018 R2 з метою покращення та спрощення роботи оператора технолога і поліпшення можливостей менеджменту всіх функціональних частин дільниці.

Розроблена система автоматизації дозволяє забезпечити оптимальне проведення технологічних процесів визначеної дільниці та покращити якість готової продукції. Основною метою розробки системи автоматизації є економічна ефективність і отримання додаткового прибутку від впровадження розробки.

Внаслідок впровадження системи автоматизації підвищиться якість продукту, а також обсяг виробництва, зменшаться витрати на паливо та електроенергію, а також на ремонт та обслуговування лінії виробництва. Базуючись на зазначених фактах, можна сказати, що подібна розробка економічно обґрунтована та доцільна.

Завдяки автоматичним системам регулювання температури, рівня, витрати та контролю основних технологічних параметрів виробництва, ПЛК забезпечує високу якість продукту, компенсує збурення, що негативно впливають на процес виробництва та оптимізує робочий цикл. Прийняті рішення, що описані в пояснювальній записці - відображені в графічній частині. При виконанні даної роботи було враховано всі значущі вимоги, які відносяться до сучасних систем автоматизації.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		165

## Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. 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.
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
4. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
5. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк.— К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
6. 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.
7. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
8. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
9. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.—160 с.
10. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп'ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		166

11. 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.

12. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання: уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

18. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.

19. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін.- К.: НУХТ, 2013. – 274 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		167