

**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)

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

«8» червня 2022 р.

«8» червня 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації процесу виробництва ванняного  
молока

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

\_\_\_\_\_ Зайцев Євгеній Юрійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

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

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

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

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

Рецензент \_\_\_\_\_ Лариса Загоровська \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 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 2022р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Зайцев Євгеній Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Розробка системи автоматизації процесу виробництва вапняного молока

керівник роботи ст. викл. Киричук Сергій Андрійович

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи. 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 технічних засобів.

6. Дата видачі завдання 31 березня 2022р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

<b>Пор. №</b>	<b>Назва етапів виконання роботи</b>	<b>Термін виконання етапів роботи</b>	<b>Примітка</b>
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 Зайцев Є.Ю.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник проекту Киричук С.А.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації процесу виробництва вапняного молока.

В кваліфікаційній роботі розроблена документація на систему автоматизації, в склад якої входить опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблене програмне забезпечення для відділення приготування вапняного молока. Програма розроблена в програмному забезпеченні unitu PRO від Schneider Electric. Роботоспроможність програми було перевірено на віртуальному контролері.

В кваліфікаційній роботі докладно розглянуто варіанти технологічних рішень по реалізації системи автоматизації, а також зроблений аналіз існуючої та розробленої системи. Проведено порівняльний аналіз перехідних процесів для різних значень параметрів регулятора. В ході роботи приведена оцінка рівня автоматизації технологічного процесу в цілому.

**Ключові слова:** цукор, вапно, вапняне молоко, M340.

					Кваліфікаційна робота	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		4

## Annotation

This qualification work is devoted to the development of a system for automating the process of production of lime milk.

The qualification work developed documentation for the automation system, which includes a description of the technological process, tasks for the automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, assembly diagram of technical means of automation, connection of sensors and actuators to PLC.

Developed software for the department of preparation of lime milk. The program is developed in the unitu PRO software from Schneider Electric. The functionality of the program was tested on a virtual controller.

In the qualification work the variants of technological decisions on realization of automation system are considered in detail, and also the analysis of the existing and developed system is made. A comparative analysis of transients for different values of the controller parameters. In the course of work the estimation of level of automation of technological process as a whole is resulted.

**Key words:** sugar, lime, lime milk, M340.

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

## Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації .....	11
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. ....	11
1.2 Розробка завдання на систему автоматизації.....	34
Розділ 2. Система автоматизації.....	36
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО) .....	36
2.2 Схема автоматизації .....	82
2.3. Специфікація засобів автоматизації .....	82
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення .....	87
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	87
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	89
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру .....	90
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу. ....	94
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК.....	99
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога .....	106
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	106
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора .....	107
Висновок.....	108
Список використаної літератури.....	109

## Вступ

Цукор – солодкий на смак харчовий продукт, відомий людству ще з 1ст. н.е. Історія цукрової промисловості України, бере початок в 1824 року , тоді була заснована перша цукроварня, князем Юзефом Понятовським в Бучаку неподалік Канева. Розвиток цукрового виробництва досяг такого розмаху, що вже в далекому 1914 року на території України знаходилося 203 цукрові заводи.

Пізніше, за часів СРСР, кількість заводів в Україні, була майже не змінна. Проте під час Другої Світової Війни цукрова промисловість зазнала великих збитків, хоч і у повоєнні роки була швидко відновлена. Це відновлення, тим не менш, було скоріше за кількістю заводів, аніж за їх потужностями.

Після розпаду СРСР український сегмент виробництва цукру, що раніше мав свій ринок збуту по всьому СРСР, почав приходити в занепад, через проблеми в економіці, та неможливість працювати на тих же потужностях. Довгих 10 років виробництво складало менше половини від можливого.

Тільки після 2000 цукрова сфера почала поступово «повертатися до життя».

Спочатку «відродження» почалося з збільшення посівних полів. Але такий спосіб не міг дати великих результатів. То ж, для збільшення об'єму виробництва почали покращувати технології та устаткування.

Таким чином, починаючи з 2000-их і по сьогодні, ми бачимо все більше новітніх рішень, які покращують виробництво. Їх було безліч, від покращення устаткування, що допомагало покращити кінцевий об'єм виробленого продукту на 1-2%, так і великі зміни в технології, які покращували не тільки основний продукт – цукор, а й побічні, такі як, меляса, дифузійний сік і т.д.

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

Технологічна схема одержання цукру-піску включає такі основні операції:

очищення буряків від домішок,

одержання бурякової стружки,

одержання дифузійного соку,

очищення дифузійного соку (дефекація, сатурація, сульфитація, фільтрація),

випарювання соку,

очищення і уварювання сиропу,

одержання утфелю (кристалізація),

центрифугування і пробілювання,

сушіння цукру-піску.

В даній кваліфікаційній роботі буде розповідатись про допоміжний процес, необхідний для очищення дифузійного соку через процес дефекації, а саме, про гашення вапна.

Актуальність: В Україні виробничий сезон переробки цукрових буряків врожаю 2020 року розпочали 33 цукрових заводи, як і минулого року. Але роботу розпочали на 3 тижні пізніше, в порівнянні з минулим роком. Причиною цього стала посуха в більшості регіонів України, що ускладнювала процес збирання врожаю.

Серед характерних ознак сезону можна відзначити зниження цукристості (16,14% проти 17,90% минулого року) та врожайності до 42,5 т/га (46,1 т/га в

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

2019 році) через несприятливі погодно-кліматичні умови протягом вегетаційного періоду. Враховуючи цей фактор, плюс скорочення посівних площ під цукровими буряками (216 тис. га в поточному році проти 222 тис. га в 2019) виробництво цукру в 2020/2021 МР зменшилося на 22,3% і становить 1,150 млн т.

На сьогодні галузь потребує державної підтримки. Абсолютно всі заводи потребують оновлення, щоб забезпечувати і внутрішній, і зовнішній ринок якісною продукцією. Для цього неодноразово наголошували на необхідності відміни мита на імпорт обладнання для цукрового виробництва. Така програма дозволить підприємствам цукрової галузі збільшити ефективність роботи, підняти інвестиційну привабливість та не допустить зниження конкурентної спроможності вітчизняної продукції.

Враховуючи наведені дані, можливість збільшення посівних площ є під питанням, тож потрібно зосередитись на іншому напрямку, модернізації підприємства.

Гашення вапна - екзотермічний процес, що супроводжується виділенням тепла:



1)  $\Delta H^\circ$  - теплота, поглинена в реакції взаємодії CaO та H<sub>2</sub>O з утворенням 1 моля Ca(OH)<sub>2</sub> за стандартних умов. Оскільки в реакції теплота виділяється значення  $\Delta H^\circ$  негативне.

Швидкість гашіння вапна залежить від наступних факторів:

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

- температури води, що подається на гасіння. Чим вище температура води, тим швидше йде процес. Цей фактор найбільш значимо впливає швидкість гасіння, у експлуатаційних умовах він є найважливішим;

- розмір кристалів СаО. Чим вони менші, тим вапно активніше, процес гасіння йде швидше, менше дрібних домішок у вихідному молоці після гасника. Це другий за значущістю фактор (після температури води). Тому випалення вапна потрібно вести на малих дозах палива, щоб знижувати температуру в зоні випалу та отримувати високоактивне дрібнокристалічне вапно;

- наявність у продуктах гасіння гіпсу, MgO, а також глюкози, патоки або меляси (при гасінні вапна промоями після промивання осаду з вакуум-фільтрів). Усі перелічені речовини знижують швидкість реакції. Так, використання 1% розчину цукру уповільнює процес гасіння у 6,5 разів, у порівнянні з гасінням чистою водою. При обмежений час перебування вапна в гаснику (до 15 хвилин) може призвести до зниження концентрації СаО у молоці. Крім того, в процесі гасіння відбувається часткове розкладання сахарози;

- наявності поверхнево-активних речовин (ПАР), які уповільнюють процес гасіння;

- розміру шматків вапна. Чим вони менші, тим більша поверхня реагування, тим активніше йде процес гасіння. Молоте вапно гаситься швидше, ніж шматкове;

- від часу та умов зберігання вапна. Свіжообпалене вапно гаситься швидше, ніж довго зберігається.

Для розуміння подальшої роботи, розглянемо типовий процес роботи всього відділення приготування вапняного молока та сатураційного газу.

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

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

#### Вапняне молоко та сатураційний газ

Для очищення дифузійного соку від несахарів що містяться в ньому, застосовують вапняне молоко та сатураційний газ. Вапняне молоко виходить під час гасіння вапна, що є продуктом обпалювання вапняку у вапнякообпалювальних печах. У процесі обпалення вапняку з нього виділяється газоподібний діоксид вуглецю (вуглекислий газ), який у суміші з повітрям та продуктами згоряння палива утворює сатураційний газ.

Вапняк представляє собою осадову гірську породу, що утворилася в результаті відкладення раковин та скелетів найпростіших морських тварин на дні давніх водойм. Він має великокристалічну будова та відрізняється значною густиною, малою пористістю, майже не вбирає вологу. Вапняк не повинен утримувати помітних на око сторонніх включень (глина, пісок). Вапняк повинен бути білого кольору зі слабким сіруватим і жовтуватим відтінками. Для випалу використовують шматки вапняку розміром 80-120 мм ( маса 1-3 кг).

Характеристика застосовуваного у цукровій промисловості вапняку:

- Вміст :	
· CaCO <sub>3</sub> ,% (не менше )	93
· MgCO <sub>3</sub> ,% (не більше )	4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Зайцев Є.Ю..			Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва вапняного молока	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А..					11	25
Секретар		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-1			
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

· оксидів заліза та алюмінію, % (не більше )	2
· оксиду кремнію, % (не більше )	2
· вологи, % (не більше )	5
- Густина, кг/м <sup>3</sup>	1450– 2470
- насипна маса, кг/м <sup>3</sup>	1250– 1600
- Кут природного укосу, град	30 - 45
- пористість, %	6 - 32
- водопоглинання, %	1,3 – 14,3
- Коефіцієнт лінійного розширення, 1/°С	(4-12) · 10 <sup>-6</sup>
- питомий електричний опір, Ом · см	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>
- максимальні розміри шматків вапняку що поставляються, мм у поперечнику	- 300

На деяких цукрових заводах замість вапняку обпалюють крейду яка характеризується дрібнокристалічною будовою, високою пористістю та зниженою густиною.

Для випалу вапняку використовують високоякісне тверде паливо - кокс або антрацит у шматках розміром 40-80 мм, іноді природний газ чи мазут.

Паливо оцінюють за його теплотворною можливістю. Так, теплотворна здатність коксу складає приблизно 28 МДж/кг, антрациту - 33 МДж/кг; мазуту топкового - 39 МДж/кг; природного газу - 36 МДж/м<sup>3</sup>. Теплотворна здатність умовного палива прийнято 29,3 МДж/кг (7000 ккал/кг).

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

Суміш вапняку і твердого палива, що подаються в піч у масовому співвідношенні 10 : 1, називають шихтою.

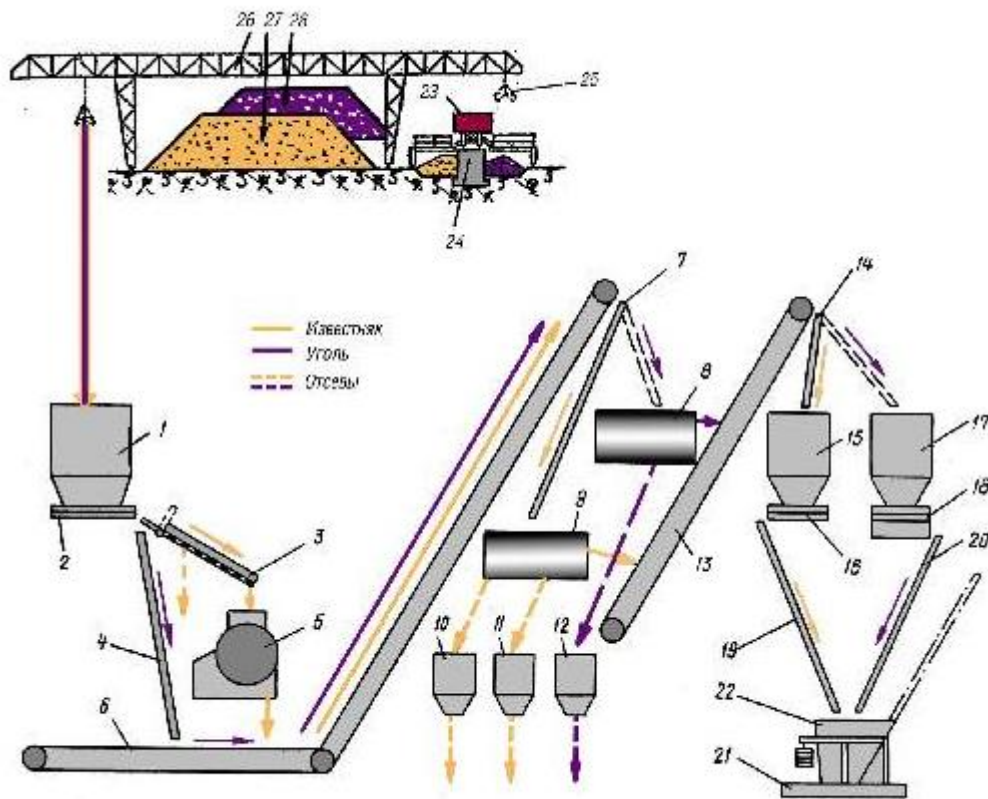


Рис. 1.1 Схема складування та підготовки шихти

На рис. 1.1 показана одна із схем складування та підготовки шихти. Напіввагони 23, що прибувають на завод, з вапняком і вугіллям встановлюються на естакаді 24 та розвантажуються з обох сторін при відкритті їх нижніх вивантажувальних люків.

Вивантажені вапняк та вугілля забираються грейфером 25, що пересувається по окремих рейковим коліям козлового крана 26 і укладаються в штабелі 27 і 28. цих штабелів вапняк і вугілля грейфером цього крана подаються в приймальний бункер 1 дробильно- сортувальної установки. З бункера лотковим живильником 2 вапняк подається через сортувальну грати 3 в щоккову дробарку 5,

з якої стрічковим конвеєром 6 через перекидний жолоб 7 подрібнений вапняк прямує в барабанний гуркіт 9, що має сито з отворами двох діаметрів.

Під гуркотом встановлені бункери 10 та 11 відповідно для відсіву каменю дрібного та великої фракцій вапняку. Відсортований вапняк потрібного розміру (в діаметрі 80-120 мм) з гуркоту стрічковим конвеєром 13 через перекидний жолоб 14 подається в накопичувальний бункер 15, нього пластинчастим живильником 16 через жолоб 19 - у ківш 22 скіпового підйомника вапнякообпалювальної печі, де зважується автоматичним пристроєм 21, який зблоковано з живильником 16 та автоматично зупиняє його після наповнення ковша.

Після заповнення накопичувального бункера 15 схема перемикається на підготовку вугілля.

Вугілля подається також в бункер 1, якого лотковим живильником 2 через жолоб 4 (при цьому верхній кінець ґрати 3 піднятий ) потрапляє на стрічковий конвеєр 1.

Якщо ж вугілля необхідно пустити на дробарку, яка попередньо переналагоджена на дроблення вугілля, то вугілля пропускають через решітку 3 в дробарку 5, а з її - на стрічковий конвеєр 6. Цим конвеєром вугілля подається через перекидний жолоб 7 барабанний гуркіт 8.

Під гуркотом встановлений бункер 12 відсіву дрібного вугілля. З гуркоту вугілля стрічковим конвеєром 13 через перекидний жолоб 14 потрапляє в накопичувальний бункер 17, якого живильником дозатором 18 через жолоб 20 подається в ківш 22 скіпового підйомника.

Вапняковий та вугільний дріб'язок з бункерів 10, 11 та 12, які обладнані заслінками, вивозяться автомобільним чи іншим транспортом. Місткість накопичувальних бункерів 15 і 17 дорівнює двозмінній роботі печі.

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

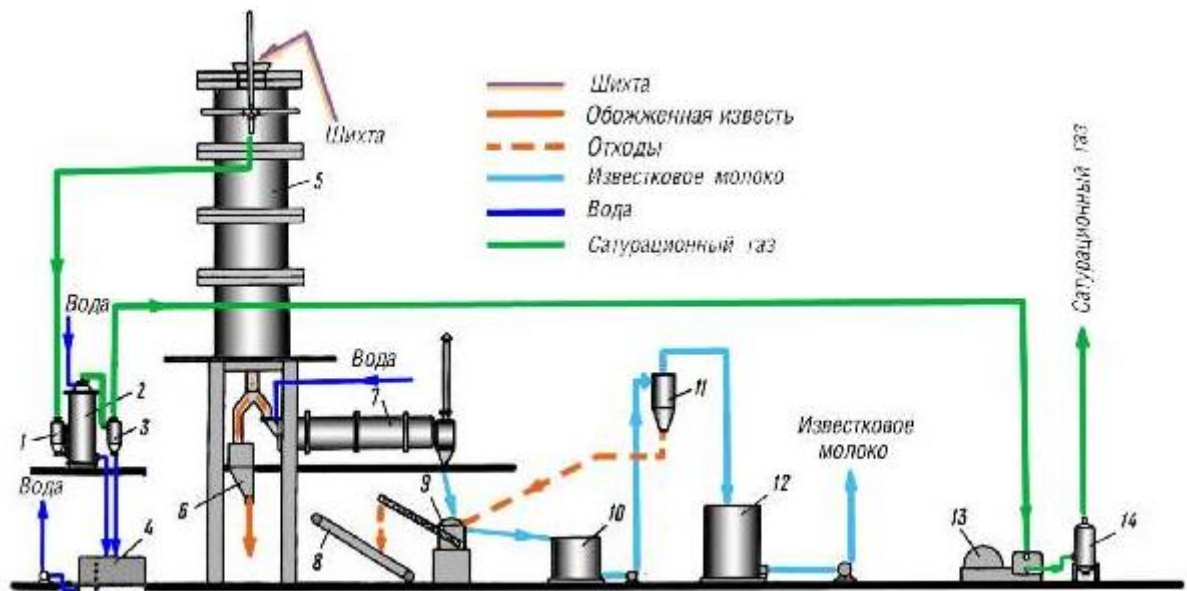


Рис. 1.2 Схема виробництва вапняного молока та сатураційного газу

На рис. 1.2 наведено схему виробництва вапняного молока та сатураційного газу.

Шихта у ковші скіповим підйомником подається до печі 5, де при згоранні палива виготовляється випалене вапно.

Обпалена вапно вивантажується з нижній частини печі та направляється в апарат 7, де гаситься водою. Надлишок обпаленого вапна збирається в бункері 6, а потім автомашиною відвозиться на зберігання.

Утворене у вапногасильному апараті 7 вапняне молоко стікає в пісковідділювач 9, де очищається від домішок. Уловлюється пісок, а також "голяк" і шматочки вапна, що не розгасилися. З вапногасильного апарату вони транспортером 8 подають у бункер, якого вони періодично вивозяться автотранспортом.

Вапняне молоко з пісковідділювача збирається в мішалці 10, з якою насосами подається в гідроциклони 11, де воно остаточно очищається від піску. Пісок що відділився на гідроциклонах повертається в пісковідділювач, а вапняне

молоко зливається в мішалку 12, де густина його доводиться до необхідної величини. Потім вапняне молоко насосами перекачують у мішалку сокоочисного відділення.

Характеристика вапняного молока, що надходить у технологічний процес :

- Густина, кг/м <sup>3</sup>	1180 - 1220
- Температура, °С	80 - 90
- Вміст твердих частинок, %	2 - 20
- в'язкість, Па · с	(15 - 80) · 10 <sup>-3</sup>
<b>- Вміст СаО :</b>	
г/л	250 – 300
% до маси розчину	21,1 – 24,6

Сатураційний газ, що виходить з вапняковопалювальної печі має високу температуру та забруднений твердими частинками вапняку та палива. Для очищення газу від великих частинок служить пастка 1, а для охолодження газу та очищення його від дрібних частинок застосовується газопромивач 2, зрошуваний водою. Визволення газу від крапель води виробляється в пастці 3. Вода з пастки та промивача надходить у збірник 4, якого потім прямує в оборотну систему для очищення, охолодження та повторного використання.

Очищений від твердих частинок і води та охолоджений сатураційний газ компресором 13 через напірний збірник 14 подається на очищення соку.

## Характеристика сатураційного газу, що надходить у технологічний процес

- Температура, °С	- 30
- Вміст твердих частинок, мг/м <sup>3</sup>	- до 10
<b>- Вміст, % за обсягом :</b>	
- діоксиду вуглецю	- 30 - 40
- азоту	- 60
- кисню	- 1 - 5
- оксиду вуглецю	- 0,5 - 4
- густина при 30°С і надмірному тиску 0,5 кгс /см <sup>2</sup> , кг/м <sup>3</sup>	- 2,02
- в'язкість, Па · с	-(1,5-1,9)·10 <sup>-5</sup>
- Розчинність 2 у воді, см <sup>3</sup> /л	- 350 – 1700

### Основне обладнання

Застосовувані для випалу вапняку шахтні печі (рис. 1.3 та 1.4) мають вертикальну шахту циліндричну форми висотою до 18 м і діаметром до 5 м. Стіни шахти 8 викладено з вогнетривкого цегли, далі слідує теплоізоляційний прошарок, що виконується з шамотного порошку та будівельного цегли.

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

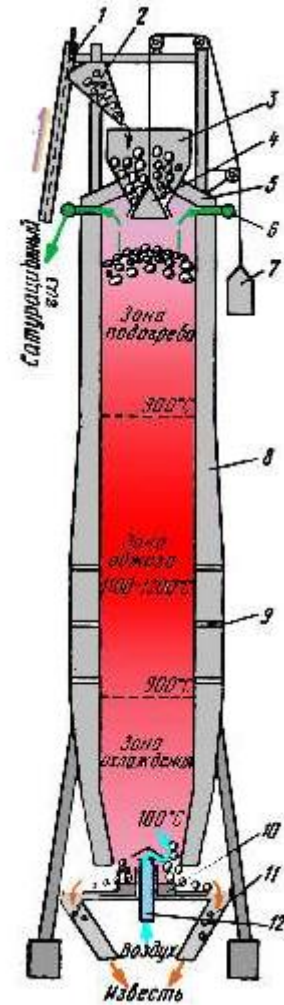
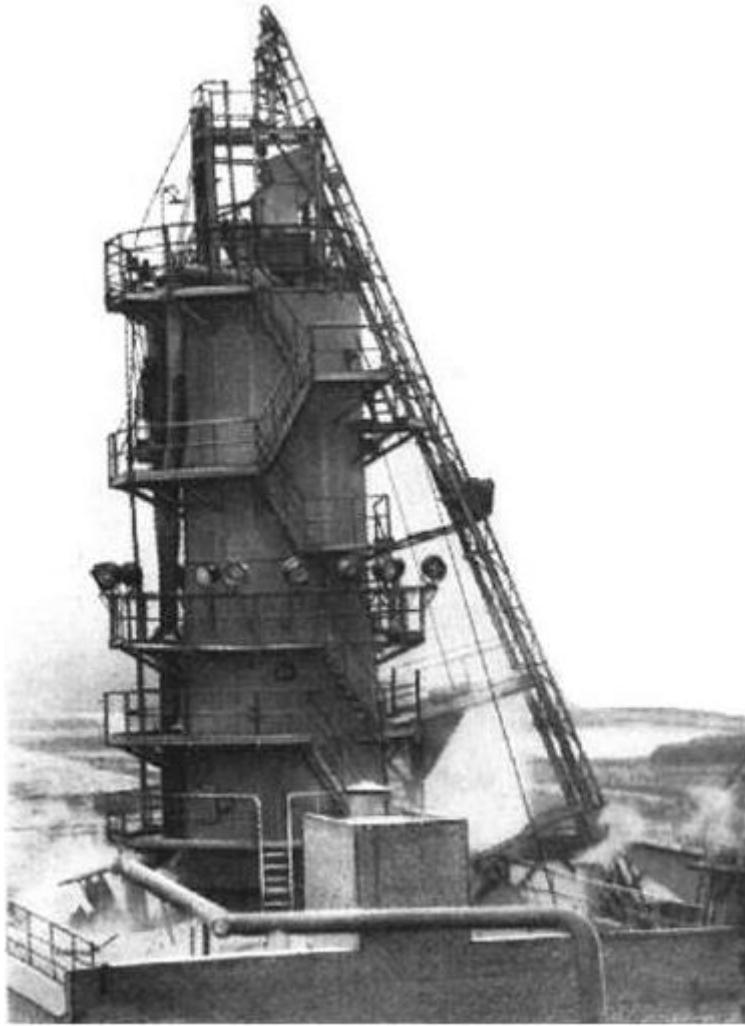


Рис 1.3 Вапняково-обпалювальна піч і 1.4 Схема вапняково-пальної печі

Зовні піч обшита сталевим кожухом. У шахті є вікна 9 для спостереження за процесом випалення.

Подача вапняку та палива в піч механізована та здійснюється спеціальним пристроєм - скіповим підйомником. З бункерів вапняк та паливо живильниками подаються в ківш 2 скіпового підйомника 1. Наповнений ківш піднімається по напрямку за допомогою лебідки та розвантажується у завантажувальний пристрій печі. Найпростіше завантажувальний пристрій складається з бункера 3 та дзвону 4, що закриває вхідний отвір у зводі 5 печі. Дзвін має контрвантаж 7.

Вивантаження обпаленої вапна здійснюють з нижньої частини печі за допомогою спеціального пристосування 10, що складається з чотирьох

					Кваліфікаційна робота	Арк
						18
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

ступінчастих кареток, що знаходяться у зворотно-поступальному русі. При русі вперед каретка просуває шматки вапна, які поступово доходять до кінця каретки і падають у короб 11, а з нього на транспортер. Каретки розташовані під кутом 90 один до одного. Швидкість руху кареток (а отже, кількість вивантаженою вапна ) змінюють за допомогою східчастого шківів чи редуктора.

Повітря для горіння надходить у нижню частина печі через канал 12, а газоподібні продукти горіння (сатураційний газ) відсмоктується з верхній частини печі через колектор 5 газовим насосом.

У печі є три температурні зони. Перша зона - зона підігріву, де температура досягає 900°C. зоні завантажена шихта підігрівається газоподібними продуктами горіння, що відсмоктуються з печі. При цьому відходять гази охолоджуються до 120-200 ° С. У другій зоні яка називається зоною випалу, або розкладання, температура змінюється від 900 до 1200 °С і потім знижується знову до 900 °С. Тут відбувається розкладання  $\text{CaCO}_3$  на  $\text{CaO}$  та  $\text{CO}_2$ . Третя зона - зона охолодження - починається від температури 900 °С до вивантажувального отвору, де температура вапна становить 50-100 °С. В цій зоні вапно охолоджується, просмоктується повітрям, необхідним для горіння палива.

Зазвичай час перебування вапняку в печі становить 24 год.

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

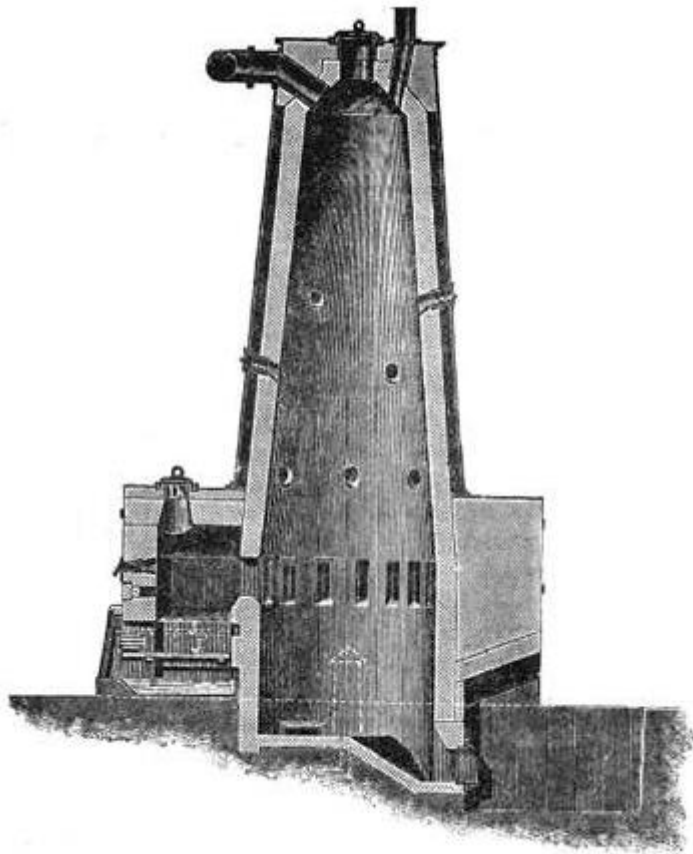


Рис. 1.5 Вапняково-палюча піч кінця XIX ст.

#### Гасіння вапна

Якщо облити обпалене вапно ( $\text{CaO}$ ) водою, то вода вбирається пористими шматочками вапна і реагує з нею, виділяючи значне кількість теплоти. При цьому частина води перетворюється на пару, а шматки вапна розсипаються в пухку масу гідроксиду кальцію [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ].

Ця операція називається гасінням вапна, а продукт, що утворюється - гашений вапном (пушонкою).

					Кваліфікаційна робота	Арк
						20
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

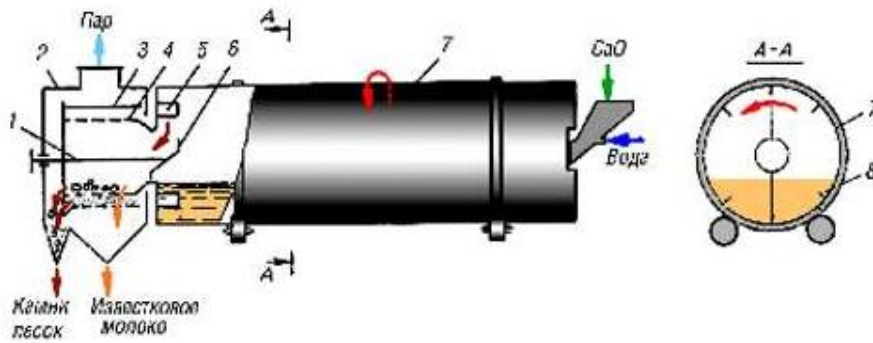


Рис. 1.6 Вапногасник

У цукровій промисловості готують так зване вапняне молоко - суспензію гідроксиду кальцію густиною  $1,2 \text{ г/ см}^3$ . Більш висока густина вапняного молока призводить до осідання вапна в трубопроводах, менша густина - до розведення соку.

Вапно і вода з температурою не нижче  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  змішуються і реагують у обертовому (частота обертання  $3,6 \text{ об/ хв}$ ) вапногасильному барабані 7, всередині якого по гвинтовій лінії розташовані лопатки 8 (рис. 1.6). Вапняне молоко і шматки вапна що не розпалися лопатками переміщуються до кишень 5 і перекидаються ними по лотку 6 у вивантажувальне пристрій, який складається з нерухомого кожуха 2 де один в іншому поміщені два циліндри. Внутрішній, цілком перфорований циліндр 4 жорстко з'єднаний з барабаном 7 і обертається разом із ним. На його зовнішній та внутрішній поверхнях для виведення домішок закріплені стрічки шнека. Зовнішній циліндр 3 з нижньою перфорованої стінкою нерухомо прикріплений до кожуха 2.

Лоток 6 закріплений на штанзі 1, поворотом якої можна, можливо змінювати положення лотка у просторі з метою регулювання кількості вапняного молока, що передається за допомогою кишень з барабана у вивантажувальне пристрій.

Вапняне молоко проціджується через сита обох циліндрів і виводиться в пісковідділювач, а домішки, що залишилися в циліндрі 4 і в циліндр 3, виводяться стрічками шнеків у бункер відходів.

Пара що утворюється під час гасіння вапна виводиться із кожуха 2 в атмосферу. Гасіння вапна в такому апараті зазвичай триває 10-20 хв.

### Відділення піску

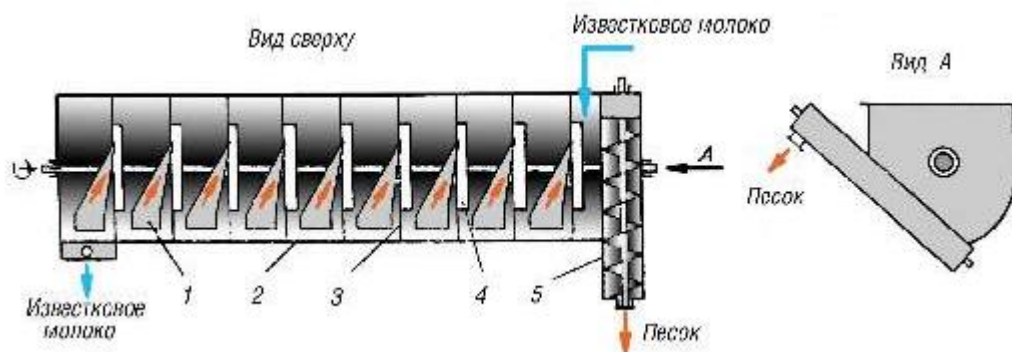


Рис. 1.7 Піскоуловлювач

Для відокремлення від вапняного молока піску та інших домішок та подальшого гасіння дрібних частинок що не погасилася ("дозрівання" вапняного молока) застосовуються пісковідділювачі.

Пісковідділювач (рис. 1.7) представляє собою напівциліндричне корито 2, розділене поперечними перегородками 3 на 8-10 секцій. По центру проходить вал із подовженими перекидними черпаками 1 (по одному на кожну секцію). З одного сторони корита змонтований привід валу, з іншого, перпендикулярно до осі корита, - похилий шнек 5 для виведення піску.

Вапняне молоко надходить у першу секцію апарату та повільно рухається коритом, переливаючись через борти перегородок. Осідає на дно секцій пісок захоплюється черпаками, піднімається і перекидається через спеціально влаштовані кишені 4 у сусідні секції назустріч потоку вапняного молока. По кишенях пісок опускається на дно без змучення молока. Таким чином пісок

послідовно передається з секції у секцію до шнека. Витки шнека забирають його з дна першою секції та виносять на транспортер.

Після пісковідділювача вапняне молоко піддають додатковому очищенню в гідроциклонах - закритих вертикальних конічних судин. У верхню частину гідроциклону по дотичній до стінки судини під тиском подають вапняне молоко. Всередині судини воно набуває обертальне рух: важкі домішки відкидаються відцентровою силою на бічні стінки і сповзають вниз до вихідного патрубку, а вапняне молоко відтісняється до центру і виводиться в мішалку-збірку через центральну трубу у верхній кришці.

#### Очищення та охолодження сатураційного соку

Виходить з вапнякообпалювальної печі сатураційний газ температурою до 150°C містить: близько 60 % азоту; 32-36% CO<sub>2</sub>; 3-4% O<sub>2</sub>; 0,8-1,5% CO, а також оксиди азоту, хлориди лужних металів (NaCl, KCl), смолисті речовини, сірководень, діоксид сірки, пил вапняку та палива (до 5 г/м<sup>3</sup>). Такий газ не можна пропускати через газові компресори, оскільки вказані домішки будуть осаджуватися на поверхні обладнання та трубопроводів будуть знижувати їх продуктивність та прискорювати знос. Тому сатураційний газ очищають та охолоджують до 30-35 °C.

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

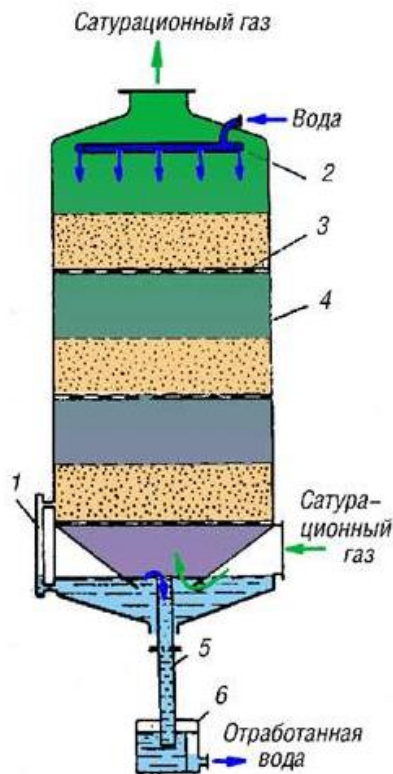


Рис. 1.8 Газопромивач

Спочатку сатураційний газ очищають від пилу в "сухій" пастці циклонного типу, потім охолоджують і промивають у газопромивачі (рис. 1.8).

Корпус газопромивача складається з чавунних царг 4, кришки та днища. Всередині корпуси закріплені чавунні колосникові ґрати 3, на які насипані керамічні кільця заввишки шару близько 0,5 м. Рівень води в нижній частини газопромивача контролюють по водомірному склу 1.

Зверху через розподільник 2 в газопромивач підводиться холодна вода. Стікаючи вниз, вона утворює на кільцях плівку з великою поверхнею. Знизу через тонкий шар води вводиться сатураційний газ, який рухає вгору назустріч воді. Внаслідок контакту з водною поверхнею газ охолоджується та очищається від домішок. У промивній воді розчиняються діоксид азоту, діоксид сірки, хлориди лужних металів конденсується частина смолистих речовин.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						24
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Відпрацьована вода, що є відходами виробництва, через переливну трубу 5 виводиться в збірник 6, який розташований нижче газопромивача на 2,5 м, тому що під час роботи компресора в газопромивачі створюється розрідження.

Рівень води в нижній частині газопромивача встановлюється та підтримується за допомогою переливної труби.

Виходячи з газопромивача сатураційний газ містить найдрібніші краплі води. Для відділення від них газ по дотичній направляють у циклон ( "мокру" пастку ). В результаті великої швидкості потоку усередині циклону створюється обертання, більше важкі в порівнянні з газом краплі води відкидаються відцентровою силою на стінки циклону і стікають униз, а осушений газ відсмоктується компресором.

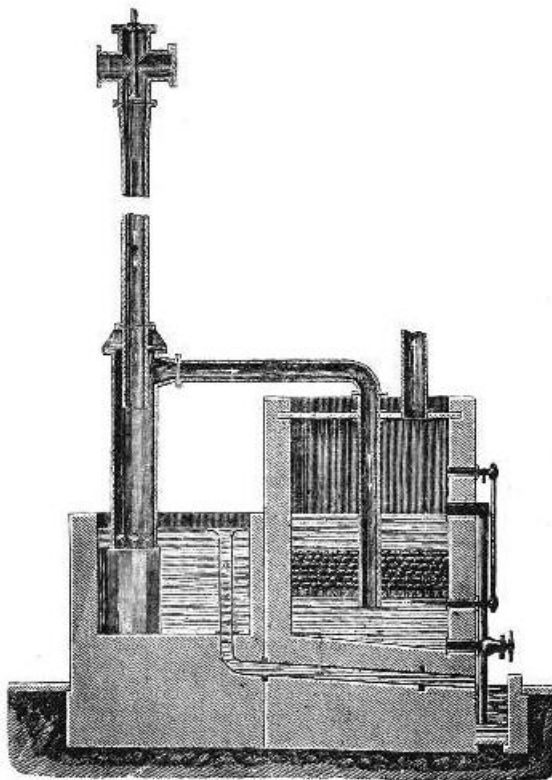


Рис. 1.9 Газопромивач середини XIX ст

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

## Сульфітаційний газ

Сульфітаційний газ використовується в цукровому виробництві для обробки очищеного соку та сиропу з метою зниження кольоровості, в'язкості та лужності, а також для обробки поживною водою для дифузійного процесу вилучення цукру з буряків. Чинною основою при цьому виступає речовина що міститься в даному газі, діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ), добре розчинний у воді з утворенням сірчистої кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), яка перетворює в оброблюваній рідині барвники речовини у безбарвні з'єднання.

Діоксид сірки - безбарвний газ з різким запахом, отруйний, викликає задуха, з вологою повітря утворює туман, що складається з дрібних крапель сірчаної кислоти. Діоксид сірки дратує шкіру, слизові оболонки носа, очей та верхніх дихальних шляхів. Допустима концентрація газу в повітрі робітника зони виробничих приміщень не вище  $10 \text{ мг/м}^3$ .

Сульфітаційний газ, що містить 10 - 15% діоксиду сірки та 90-85% повітря, отримують при спалюванні сірки безпосередньо на цукровому заводі.

Застосовується в цукровому виробництві сірка представляє собою рафіновану сірку, здобуту або виплавою з природний сірчаної руди, або отриману з сірковмісних газів та очищену шляхом сублімації.

Рафінована сірка може бути у двох видах: черенкова, відлита у формах у вигляді брусків круглого або овального перерізу, і комова, відлита при рафінуванні у великі масиви, розбиті на шматки неправильної форми ( розмір у діаметрі до 100 мм масою до 1,5 кг).

На вигляд черенкова і комова сірка представляє собою шматки світло-жовтого кольори, з явно кристалічним будовою в зламі, без включення сторонніх речовин всередині шматків.

					Кваліфікаційна робота	Арк
						26
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Характеристика комової рафінованої сірки :

<b>- Вміст, %:</b>	
- сірки, не менше	99,5
- золи, не більше	0,2
- вологи, не більше	0,2
- атомна маса	32,07
<b>- Густина, кг / м<sup>3</sup> :</b>	
- Кристалічній	1920 – 2070
- розплавленої	1810
- насипна маса, кг/м <sup>3</sup>	1150 – 1450
- температура плавлення, °С	- 115,18
- температура кипіння, °С	444,5
- Коефіцієнт лінійного розширення, 1 / °С	80 · 10 <sup>-6</sup>
<b>- загальний витрата у цукробуряковому виробництві, кг/100 т буряків</b>	35 - 60

Сульфітаційний газ утворюється в печі 1 сіркоспалювальній установці (рис. 1.10).

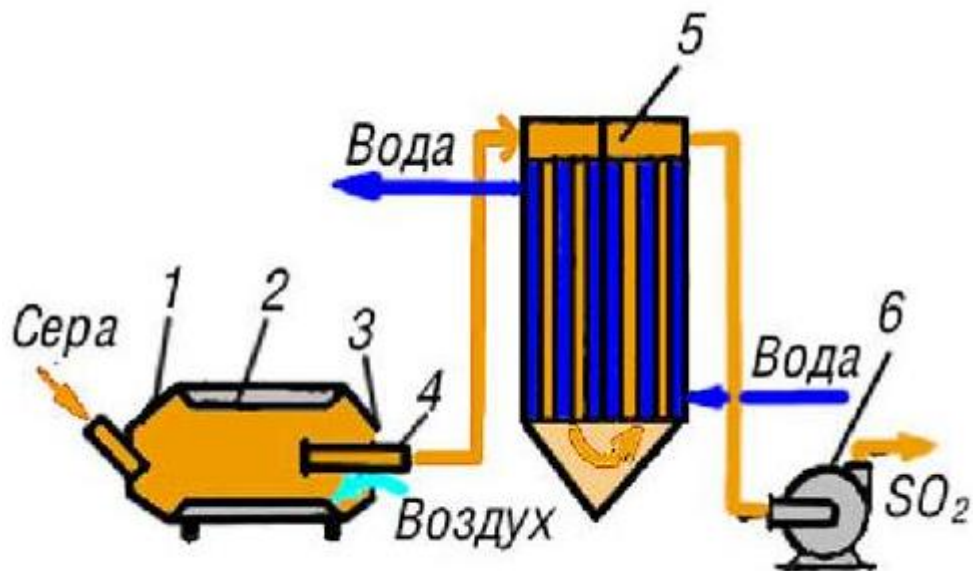


Рис. 1.10 Сіркоспалювальна установка

Піч представляє собою чавунний барабан що обертається з поздовжніми ребрами 2 та нерухомий труби 4 для відбору сульфітаційного газу. Шматкова сірка завантажується в піч через лівий торець, плавиться і підпалюється. Ребра при обертанні барабана захоплюють гарячу розплавлену сірку. При горінні сірка перетворюється на діоксид сірки. Діоксид сірки на виході з печі розбавляється повітрям, що надходить через отвори 3 з регульованим перетином.

Після печі гарячий сульфітаційний газ охолоджується та звільняється від зважених домішок у трубчастому теплообміннику (золівідокремлювачі) 5 і вентилятором 6 подається в сульфітатор.

Характеристика сульфітаційного газу :

густина при нормальних умовах, кг/м <sup>3</sup>	2,93
в'язкість, Па · с	(1,2 - 1,6) · 10 <sup>-5</sup>
розчинність (при температурі 20 - 100 °С), % до маси насиченого розчину	8,6 – 0,1

На ряді заводів замість сульфітаційного газу, одержуваного безпосередньо на заводах, застосовують скраплений чистий діоксид сірки, що поставляється або в балонах, або в цистернах. густина зрідженого діоксиду сірки  $1460 \text{ кг/м}^3$ .

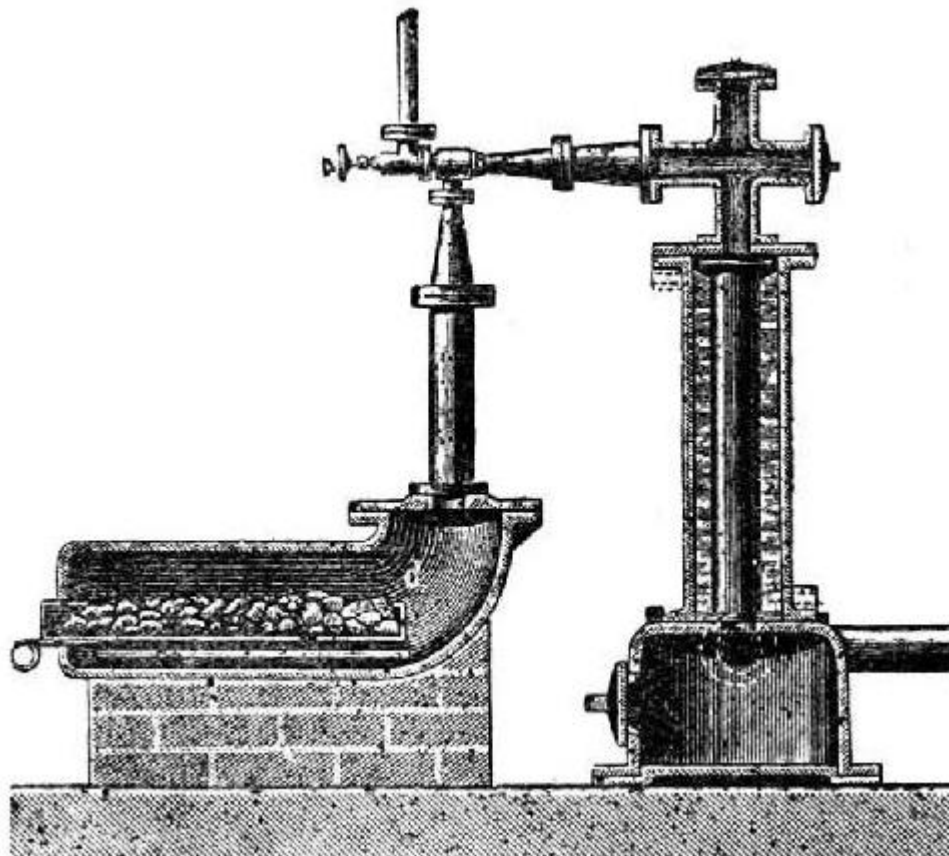


Рис. 1.11 Сірспалююча установка кінця ХІХ ст.

					Кваліфікаційна робота	Арк
						29
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

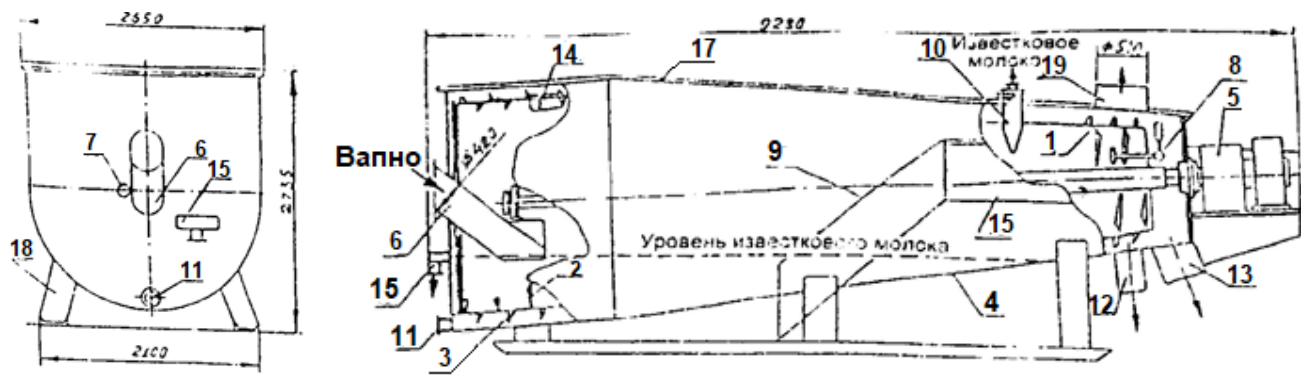


Рис. 1.12. Схема аппарата для приготовления известкового молока "Комплекс".

1 - барабан; 2 - внутренний шнек; 3 - внешний шнек; 4 - корпус; 5 - привод барабана; 6 - подвод извести; 7 - подвод воды; 8 - подача воды, на форсунки; 9 - лестница; 10 - гидроциклон; 11 - окончательный спуск; 12 - точка для мелких отходов; 13 - точка для крупных отходов; 14 - выход паровоздушной смеси; 15 - выход известкового молока; 16 - площадка обслуживания; 17 - крышка аппарата; 18 - опорная рама; 19 - ремонтный люк.

Апарат "Комплекс" поєднує в собі гаситель, гравітаційний осадник домішок та зернистий фільтр, через який фільтрується вапняне молоко. Вапно гаситься у внутрішньому барабані та витками транспортується до отворів, через які молоко з дрібними відходами потрапляє у простір між барабаном та корпусом апарату. Тут відбувається частковий гравітаційний поділ молока та домішок. Потім великі домішки з внутрішнього барабана та дрібні домішки із простору між корпусом і барабаном виходять з-під рівня молока, так як корпус та барабан нахилені до горизонту, і, промиваючись водою, видаляються з апарату різними течками. Молоко під дією напору змінює напрямок свого руху і фільтруючись через шар дрібних відходів, у протитіці простору між шнеком і корпусом піднімається до лобовини апарату та випливає через переливну щілину в приймальний трубопровід. Апарат «Комплекс» протягом трьох років успішно експлуатується на Браїлівському та Уладівському заводах Вінницької області та Наркевичському заводі Хмельницька область. У Росії на Волоконівському заводі "Комплекс"

використовують при переробці цукру-сирцю. На Бучацькому цукровому заводі Тернопільської області апарат використовується з минулого року. Процес приготування та очищення вапняного молока повністю автоматизований. У процесі експлуатації апарату «Комплекс» та будівництва нових вапняних відділень з його використанням виявлено наступні переваги, порівняно зі стандартними схемами обладнання для гасіння та очищення вапняного молока:

- апарат компактний, безпечний, працює без викидів пари та вапняного пилу.

- апарат забезпечує високий ступінь очищення вапняного молока зі значним скороченням продувок дефекосатураторів та скороченням втрат цукру (місячна Економія поточних витрат може сягати 80 тис. грн.);

- дозволяє успішно реконструювати старе вапняне відділення малої площі та позбутися непотрібного обладнання, створивши нормальні умови для обслуговуючого персоналу;

- дозволяє в короткий термін збудувати нове компактне відділення значно меншої площі, ніж стандартне;

- при повній автоматизації апарат не потребує обслуговування, тому можливе його встановлення поза приміщенням (Браїлівський цукровий завод). Економія капітальних витрат складає близько 1 млн. грн.;

- апарат дозволяє вперше створити на базі нових вітчизняних густиномірів вапняного молока повністю автоматизоване вапняне відділення, що обслуговується однією людиною. Однак нова технологія гасіння та очищення молока в апараті "Комплекс" має деякі слабкі сторони:

- процес гасіння вапняного молока в апараті дуже чутливий до якості вапна;

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

- при гасінні жорсткообпаленого вапна (не відповідає вимогам цукробурякового виробництва) з апарату разом з молоком виходить частина не до кінця вапна-пушонки;

- при низькій температурі води, що подається на гасіння, та при наявності підвищеного вмісту промою цукру у воді також спостерігається вихід разом з молоком не до кінця гашеного вапна-пушонки. При експлуатації апарату у промисловості нами рекомендується такий режим роботи печей, який забезпечує високу активність пічного вапна. Досягається це за дотримання таких умов:

- питома продуктивність печі – не більше 11 т СаО з 1м<sup>2</sup> площі перерізу шахти печі на добу;

- доза палива у шихті – не більше 6,5-6,7%;

- температура води, що подається на гасіння - не нижче 80°C;

- промою при експлуатації апарата бажано не застосовувати, так як немає гарантії, що вміст домішок у воді не перевищить норму.

Вапняне молоко - розчин гідроксиду кальцію Са (ОН)<sub>2</sub> в воді.

Густина Са (ОН)<sub>2</sub> в залежності від концентрації і маси домішок коливається в межах 1,15 - 1,30 г / см<sup>3</sup>, питома вага - 1,2 г / см<sup>3</sup>. У воді Са (ОН)<sub>2</sub> розчиняється погано. Максимально можлива концентрація вапняного молока обмежується його в'язкістю. В'язкість суспензії залежить не тільки від концентрації зваженого Са (ОН)<sub>2</sub>, але і від температури. Тому вапняне молоко отримують при високих температурах (90 °С).

Вапно обпалюється в печі, куди подається вагонеткою, попередньо відміряними, на стандартних платформних вагах. Порції палива відміряються аналогічно.

В мішалку води подається аміачна та холодна вода. За допомогою пари вона підігрівається до 83°C. З робочого бункера вапно подається лотковим

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

живильником в обертвий барабан-гаситель, куди одночасно прямоюком (18 м<sup>3</sup>/год) надходять нагріта вода (83 °С). В гасителі вапно гаситься і утворюється вапняне молоко з домішками різного розміру шматків недопалу, перегарту і інших непогашених частинок вапна.

Вапняне молоко разом з домішками надходить з гасителя в вібросито для недопалу, що служить для відділення від вапняного молока шматків недопалу.

Після вібросита вапняне молоко потрапляє в збірник неочищеного молока. А після його переповнення, проходячи через гідроциклон в збірник очищеного молока, рівень в якому і вважається ефективністю роботи відділення.

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

## 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	Додаткові умови
1	Мішалка неочищеного молока	Рівень неочищеного молока	90%±2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на стан роботи двигуна М3 та М4	
		Густина вапняного молока	1,18±0,05 г/см <sup>3</sup>	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
		Змішувач	Вкл/ Вискл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М2	
2	Мішалка очищеного молока	Рівень очищеного молока	90%±2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на стан роботи двигуна М4 та М5	
		Густина вапняного молока	1,18±0,02 г/см <sup>3</sup>	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	

		Змішувач	Вкл/ Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М6	
3	Вапногасильний апарат	Подача води	18 м <sup>3</sup> /год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі води	
		Змішувач	Вкл/ Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М2	
		Подача вапна	Вкл/ Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М1	
4	Збірник води	Рівень змішаної води	90%±2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі води	
		Температура води	83±2°C	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі пари	

## Розділ 2. Система автоматизації

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

#### Густина

##### ЦИФРОВІ ГУСТИНОМІРИ

Цифрові густиноміри являють собою автоматичні прилади, що забезпечують вимірювання густини рідких зразків. Принцип дії густиномірів заснований на вимірюванні частоти коливань U-подібної вимірювальної трубки, що викликаються електромагнітним генератором. Під впливом збудливого поля порожня вимірювальна трубка коливається зі своєю частотою, а при заповненні трубки досліджуваним речовиною, частота коливань змінюється в залежності від маси (густини) досліджуваної речовини. Подібно до маятника, чим більша густина зразка, а значить і його маса, укладена в трубці, тим нижче частота коливань. Для перерахунку частоти коливань в цифрове значення густини використовуються дані попереднього калібрування.

Оскільки густина сильно залежить від температури, для виключення цього впливу на результат вимірювальна трубка термостатується. Підтримка температури здійснюється електронним термостатом, вбудованим в прилад. Стандартна температура вимірювання густини рідин становить 20°C.

Частота власних коливань трубки залежить від її конструктивних особливостей і визначається в процесі калібрування при заповненні її речовиною з відомою густиною. Калібрування густиноміри проводиться за результатами вимірювання частоти коливання вимірювальної трубки на двох стандартних речовинах - сухе

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Зайцев Є.Ю..			Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва вапняного молока	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Киричук С.А..					36	48
Секретар		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-1		
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

повітря і дистильована, дегазована вода. Результати калібрування зберігаються в пам'яті приладу до наступної калібрування. В даний час при аналізі рідких зразків повсюдно переходять з ручних методів на використання цифрових приладів. Головна причина - більш висока швидкість і точність інструментальних методів аналізу, а також більша безпека при роботі з токсичними та легкозаймистими зразками.

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

Переваги:

- Швидкодія;
- Точність.

Недоліки:

- труднощі підтримки постійної заданої температури рідини в усьому її обсязі.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### **ВАГОВІ ГУСТИНОМІРИ**

Дія вагових/масових – густиномірів заснована на тому, що вага рідини при незмінному її обсязі, прямо пропорційна густини. Для вагового методу вимірювання густини характерна незалежність показань від властивостей середовища (поверхневий натяг, в'язкість, наявність зважених твердих частинок і ін.) і параметрів контрольованого потоку (швидкість руху через чутливий елемент, пульсація витрати і тиску і ін.).

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

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						37
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Переваги:

- незалежність показань від властивостей середовища і параметрів контрольованого потоку.

Недоліки:

- чутливість до вібрацій і вимога повністю заповненого трубопроводу.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

## ПОПЛАВКОВІ ГУСТИНОМІРИ

Принцип дії цих приладів заснований на зміні ступеня занурення поплавка, що є функцією густини аналізованої рідини. У лабораторній і виробничій практиці широко використовуються поплавкові прилади, призначені для епізодичних вимірювань, так звані ареометри. Вони можуть бути скляними або металевими і найрізноманітнішої форми. У промисловості застосовується велика група густиномірів автоматичних, що використовують поплавковий (ареометрический) принцип виміру. У поплавковому густиномірі рідина що аналізується підводиться в вимірювальну камеру, в якій знаходиться повністю занурений в рідину поплавок. За виштовхує силі поплавок визначається густина. Цей тип приладів призначений для вимірювання густини гомогенних, порівняно чистих, рідин, а також тонких суспензій. Зважені частинки в рідині можуть осідати на поверхні поплавця і тим самим спотворювати показання приладу.

## Аналіз методів на предмет можливості його використання в проекті

Переваги:

- безперервність вимірювання густини в промислових умовах.

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

Недоліки:

- труднощі підтримки постійної заданої температури рідини в усьому її обсязі (неможливість перемішування);
- можна застосовувати тільки для невеликих резервуарів або трубопроводів з невеликим тиском;
- зниження чутливості ваг при зважуванні порівняно великої маси.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### РАДІОІЗОТОПНІ ГУСТИНОМІРИ

Радіоізотопні густиноміри відносяться до безконтактним приладів (чутливий елемент не вводиться в рухому вимірювану середу), і їх доцільно застосовувати для вимірювання густини агресивних або дуже в'язких рідин, пульп і рідин, що знаходяться під високим тиском або мають високу температуру в трубопроводах великого діаметру, однак лише в тих випадках, коли інші розглянуті вище густиноміри практично непридатні.

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

Переваги:

- можливість контролю густини речовини в важкодоступних місцях.

Недоліки:

- залежність показань від фізичних властивостей випробуваного речовини, що вимагає індивідуального градування приладу для певного виду речовини.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

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

## ВІБРАЦІЙНІ ГУСТИНОМІРИ

Розглянемо докладніше конструкцію і фізичні можливості вібраційних густиноміри. Відомо, що частота коливань механічного резонатора залежить від маси тих, його частин що коливаються і їх жорсткості. При зміні густини середовища, що оточує резонатор, відбувається зміна частоти його коливань, так як при цьому змінюється приєднана маса тих, частин що коливаються. Тому в вібраційних густиномірах густина рідини або газу визначається по резонансній частоті деякого тіла (резонатора), що взаємодіє з вимірюваним середовищем.

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

#### Переваги:

- висока точність і стабільність вимірювань;
- малий час відгуку;
- надійність;
- простота і зручність в експлуатації;
- здатність працювати в складних кліматичних умовах;
- не вимагають застосування спеціального обладнання, дозволів на проведення робіт з радіоактивними джерелами випромінювання і позбавляють від турбот, пов'язаних з їх утилізацією;
- Ще є можливість виготовлення чутливих елементів у вигляді міцних суцільнометалевих конструкцій, що відповідають сучасним вимогам до стерилізації. Ця обставина дозволяє широко використовувати такі густиноміри в харчовій, фармацевтичній, хімічній і нафтогазовій галузях.

#### Недоліки:

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

- у вигляді обмеженості допускається витрати речовини, яке визначається площею внутрішнього перетину чутливого елемента, нелінійності калібрувальної шкали;
- необхідність компенсації впливу таких параметрів, як температура і тиск, на показання приладу.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод **підходить** для нас.

### **Пьезоелектрик 804**

Принцип дії густиномірів 804 заснований на вимірі періоду резонансної частоти механічних коливань чутливого елемента та перетворення його у вихідний сигнал, пропорційний густини рідини. Густиноміри 804 встановлюються безпосередньо у трубопровід або ємність з досліджуваною рідиною чи газом. Конструктивно густиноміри 804 складаються з первинного перетворювача та електронного блоку. Первинний перетворювач являє собою сталевий трубчастий корпус з чутливим елементом у вигляді камертону, всередині якого закріплено п'єзоелектричний перетворювач. Чутливий елемент повністю занурений у вимірюване середовище. Автогенератор електронного блоку з допомогою п'єзоелектричного перетворювача збуджує коливання камертона чутливого елемента. У відповідності з типом вихідного сигналу густини 804 випускаються в 4-х виконання:

- цифровий по інтерфейсу RS485;
- цифровий по інтерфейсу USART;
- аналоговий 4-20 мА;
- суміщений аналоговий 4-20 мА та цифровий USART.

В залежності від вибухозахищеності густиноміри 804 мають виконання:

- загальнопромислове (804);

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

- вибухозахищене з маркуванням по вибухозахист «0ExiaIICT5 X» (804-  
ex) або «1ExdsIICT5 X» (804-Bн).

• Діапазон вимірювання густини середовища , кг/м <sup>3</sup>	<b>від 0 до 2000</b>
• Діапазони калібрування вимірювання густини , кг/м <sup>3</sup> - по газу- по рідині	<b>від 0 до 160</b> <b>від 620 до 1630</b>
• Межі допустимої основний похибки вимірювання в нормальних умовах , кг/м <sup>3</sup>	<b>±0,5; 1</b>
• Діапазон робочих температур вимірюваної середовища , °C	<b>-70...+80</b>
• Максимальне тиск середовища , МПа, з ряду , не більше	<b>0,6; 2,5; 6,3; 10; 16</b>
• В'язкість середовища , мм <sup>2</sup> /с, не більше	<b>100</b>
• Індикація значення вимірюваного параметра у встановлених одиницях на вбудованому індикатор з рідкокристалічним дисплеєм , кг/м <sup>3</sup>	<b>від 0 до 2000</b>
• Додаткова похибка індикації вимірюваної густини $\Delta i$ , кг/м <sup>3</sup> , не більше	<b>±1 молодшого розряду</b>
• Вихідні сигнали ( виконання ) - цифрові за інтерфейсом <b>RS485USART</b> - аналоговий <b>постійного струму</b> <b>4-20 мА</b>	
• Час готовності даних після включення , с, не більше	<b>5</b>

Залежно від діапазону робочих температур густини 804 мають три виконання: Т1, Т2 і Т3.

Залежно від максимального робочого тиску рідини або газу густиноміри 804 мають 5 виконань.

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



Рис. 2.1 Пьезоэлектрик 804

## Рівень

### ПОПЛАВКОВІ І БУЙКОВІ РІВНЕМІРИ

Поплавковим називається рівнемір, принцип роботи якого ґрунтується на залежності положення чутливого елемента — поплавка від рівня рідини, в якій він знаходиться. Поплавок плаває на поверхні рідини і відслідковує її рівень. Деяке занурення поплавка у вимірювану рідину за її незмінної густини є незмінним. Рівень визначається за положенням покажчика, з'єданого з поплавком гнучким (стрічка, трос) або жорстким механічним зв'язком. Найчастіше використовуються для вимірювання рівня рідин у великих відкритих резервуарах, а також закритих з низьким тиском.

Буйковими називаються рівнеміри, принцип роботи яких ґрунтується на законі Архімеда: залежності виштовхувальної сили, яка діє на чутливий елемент —

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

буйок, від рівня рідини. Буйок являє собою масивне тіло (наприклад, циліндр), яке підвішене вертикально в середині посудини і занурене в рідину. Буйок з'єднується з пневмосиловим перетворювачем за допомогою важеля, вивід якого із робочої посудини здійснюється через гофровану металеву мембрану. Ця мембрана є і опорою, навколо якої повертається важіль при зміні рівня в об'єкті.

Буйкові рівнеміри часто використовуються для вимірювання однорідних, в тому числі агресивних, рідин, які можуть знаходитись під робочим тиском до 32 МПа та в широкому діапазоні температур (від -200 до +600 0 С, але які не мають властивості адгезії (прилипання) до буйка.)

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

Переваги:

- простота конструкції;
- широкий діапазон вимірювань;
- досить висока точність;
- можливість вимірювання агресивних та в'язких середовищ.

Недоліки:

- доцільне використання тільки незабруднених, без зміни густини речовинах в речовинах яким не властиве прилипання.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### **ГІДРОСТАТИЧНІ ТА П'ЄЗОМЕТРИЧНІ РІВНЕМІРИ.**

Принцип дії гідростатичних рівнемірів ґрунтується на вимірюванні гідростатичного тиску стовпа рідини на дно резервуара, який залежить від висоти її

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

рівня. Загальне рівняння для тиску  $P$  стовпа рідини та відповідно висота  $H$  рівня рідини в резервуарі, мають вигляд:

$$P = \rho \cdot g \cdot H \text{ [Па]}, \quad (6.1) \quad \text{та} \quad H = \frac{P}{\rho \cdot g},$$

де  $\rho$  - густина рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;  $H$  – висота стовпа рідини (рівень), м;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

За способом вимірювання гідростатичні рівнеміри діляться на прилади з безпосереднім вимірюванням стовпа рідини манометром та п'езометричні - з безперервним продуванням повітря. Рівнеміри з безпосереднім вимірюванням стовпа рідини використовують для вимірювання рівня неагресивних, незабруднених рідин, які знаходяться під атмосферним тиском або робочим тиском в комплекті з дифманометром.

Для вимірювання рівня агресивних середовищ, використовують спеціальні розподільчі пристрої для підведення тиску до манометра. В більшості метод безпосереднього вимірювання тиску стовпа рідини застосовується для вимірювання рівня речовин в ємностях, які знаходяться під тиском.

Різновидом гідростатичних рівнемірів є п'езометричні – рівнеміри, принцип дії яких ґрунтується на перетворенні гідростатичного тиску рідини в тиск повітря, що надходить від стороннього джерела та постійно продувається (барботується) через шар рідини. У цього рівнеміра чутливий елемент не знаходиться в безпосередньому контакті с вимірюваним середовищем, а сприймає гідростатичний тиск рідини через тиск повітря, що є суттєвим його достоїнством. Для п'езометричних рівнемірів також характерна похибка вимірювання, що виникає при зміні густини відмірюваного середовища.

Необхідною умовою надійної роботи п'езометричних рівнемірів є два моменти:

1) встановлення такого тиску газу в у вимірювальній пневматичній камері, при якому бульбашки газу, що проходять через рідину та у стакані візуального спостереження, проходили би з розривом на всьому діапазоні вимірювань рівня;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						45
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

2) п'єзотрубка не повинна доходити до дна резервуара  $\cong$  на 80мм.

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

### **ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЕМІРИ**

Диференціальні рівнеміри бульбашкового типу:

Бульбашкові рівнеміри - це досить проста технологія, яка може добре працювати в самих різних умовах. Однак, вплив безперервного потоку пара на навколишнє середовище може стати перешкодою на шляху їх використання. Ефективність бульбашкового рівнеміра може піддаватися впливу закупорки бульбашкових каналів, падіння тиску в каналах, протікання, а також, мінливості відносної густини рідини.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

Диференціальні рівнеміри мембранного типу:

Диференціальні рівнеміри мембранного типу - дуже поширений тип пристроїв на сьогоднішній день. Їх використання передбачає, що густина речовини не змінюється (а якщо змінюється, тоді у пристрої є спеціальні компенсуючі засоби). Безліч чинників впливають на ефективність таких рівнемірів: вакуум, низькі або високі температури можуть стати перешкодою для роботи діафрагми, або надзвичайно її сповільнити. Крім того, що варіюються температури процесів або випарів також можуть вплинути на точність вимірювань.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

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

Диференціальні рівнеміри трубчастого типу:

Диференціальні рівнеміри, що використовують трубки статичного тиску, також дуже поширені. Основні проблеми - засмічення трубок, а також, залежність пристрою від густини матеріалу в ємності і в статичних лініях. Також, можливі проблеми в нижній частині імпульсних ліній. Накопичення конденсату або постійна конденсація газу можуть зрушити нуль.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### ЄМНІСНІ РІВНЕМІРИ

У ємнісних рівнемірах використовуються діелектричні властивості рідин. Первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) ємнісного рівнеміра являє собою електричний конденсатор, який перетворює зміну рівня рідини на пропорційне змінювання ємності. ПВП являє собою електрод або електроди (циліндричні або у вигляді пластин), що опускаються у вимірюване за рівнем середовище. Принцип ємнісних ПВП ґрунтується на різниці між діелектричною проникністю рідини та повітря і відповідно на залежності електричної ємності датчика від зміни рівня рідини або сипкого матеріалу постійної вологості. Для кожного значення рівня, ємність датчика визначається як ємність двох паралельно з'єднаних конденсаторів, один з яких утворюється частиною електродів перетворювача і рідиною, рівень якої вимірюється, а другий — іншою частиною електродів перетворювача і повітрям або парою рідини.

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

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

### Переваги:

- підходять для роботи з різноманітними видами рідин з різними фізичними властивостями: електропровідністю, температурою, густиною;
- відрізняються підвищеною чутливістю і швидким спрацьовуванням;
- можуть працювати з небезпечними і агресивними речовинами;
- працюють в широкому діапазоні тиску в ємності, а також у вакуумі;
- застосовуються для відкритих і закритих резервуарів і ємностей різної глибини;
- мають просту конструкцію без рухомих елементів;
- відрізняються високою надійністю і довгим терміном служби.

### Недоліки:

- не підходять для дуже вузьких продуктів, для речовин з можливістю кристалізації або утворення плівки на поверхні, рідин з осадом, а також для вибухонебезпечних продуктів;
- при роботі з діелектриками вимагають додаткової ізоляції матеріалів;
- необхідно встановити роботи під кожен конкретний вид продукту, а також поправка чутливості при зміні температури продукту.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### РАДІОІЗОТОПНІ РІВНЕМІРИ

Принцип дії радіоізотопних рівнемірів заснований на використанні залежності інтенсивності потоку іонізуючого випромінювання, що падає на приймач (детектор) випромінювання, від положення рівня вимірюваного середовища. У порівнянні з рівнемірами, заснованими на інших принципах вимірювань, радіоізотопні прилади є найбільш універсальними, тому що забезпечують безконтактне вимірювання і сигналізацію рівня у відкритих і

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

закритих ємностях будь-яких рідких і сипучих середовищ. Точність і стабільність їхньої роботи не залежать від зміни стану й параметрів вимірюваного середовища. Основними елементами будь-якого радіоізотопного приладу є: джерело іонізуючого випромінювання; приймач (детектор) випромінювання; електронна схема, що перетворює і підсилює сигнал від детектора; вимірювальний (показуючий, самопишучий, що сигналізує та ін.) пристрій.

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

переваги:

- Можливість не інвазивної установки (рівнемір встановлюється зовні ємності, при цьому товщина стінок може досягати декількох сотень міліметрів);
- Атмосферні опади - дощ, сніг, туман, роса не впливають на якість вимірювання;
- Складні умови виробництва - пар, дим, пил, бризки, налипання, забруднення не заважають роботі радіоізотопного рівнеміра;
- Вири, піноутворення не важливі;
- Чутливі елементи радіоізотопного датчика рівня можуть бути повністю «покриті» контрольованим матеріалом, при цьому зберігається його працездатність.

недоліки:

- Радіоактивне випромінювання негативно впливає на обслуговуючий персонал;
- Підвищуються ставки відрахувань з ФЗП на соцзахист від професійних захворювань;
- Ускладнюється атестація робочих місць;
- Складнощі з транспортуванням та утилізацією;

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

- Труднощі при переміщенні через кордон (оформлення дозвільних документів, ставки мит).

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

## КОНДУКТРОМЕТРИЧНІ РІВНЕМІРИ

Принцип дії кондуктометричного датчика заснований на різниці між електропровідністю повітря та рідини. Ця різниця фіксується двома електродами: сигнальним, встановленим на необхідному рівні, та загальним. Коли поверхня рідини стикається з сигнальним електродом, відбувається замикання між двома електродами.

Кондуктометрические датчики застосовуються для вимірювання рівня як і металевих, і неметалевих резервуарах. У металевих резервуарах кількість використовуваних для вимірювання сигнальних електродів відповідає числу рівнів, що вимірюються, а загальним електродом служить стінка резервуара. У цьому випадку споживачеві слід придбати один або кілька датчиків (залежно від кількості рівнів, що сигналізуються) з електродами відповідної довжини.

У неметалевих резервуарах кількість використовуваних датчиків має бути на один більше, ніж число рівнів, що сигналізуються, оскільки один з них служить як загальний електрод. Його довжина повинна бути максимальною по відношенню до довжини електродів інших датчиків.

## Аналіз методів на предмет можливості його використання в проекті

Переваги:

- Бюджетні ціни;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						50
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

- Широкий вибір модифікацій;
- Зручність кріплення та підключення;
- Надійність.

Недоліки:

- Коректно працюють за певної електропровідності середовища;
- Непридатні для клейких середовищ та діелектричних середовищ.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод **підходить** для нас.

### ДС.П.3. Трьохелектродні кондуктометричні датчики рівня



Рис.2.2 Датчик рівня

Трьохелектродні кондуктометричні датчики ОВЕН ДС.П.3 призначені для контролю рівнів струмопровідних рідин у резервуарах закритого та відкритого типу.

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

Електроди для кондуктометричного датчика ДС.П.3 виготовляються із нержавіючої сталі 12Х18Н10Т та за довжиною 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 різь з двох сторін, завдяки чому забезпечується можливість збільшити довжину електроду до 10 метрів.

Електроди не входять до комплекту постачання, тому їх потрібно замовляти окремо. При замовленні стрижнів з адаптером до комплекту постачання входять: електрод довжиною 1,95 м з різью з двох сторін, адаптер, дві гайки.

Умовні параметри трьохелектродних датчиків рівня ДС.П.3

Модифікація	ДС.П.3
Робочий тиск	2 МПа
Робоча температура	70 °С
Призначення	Загальнопромислові датчики

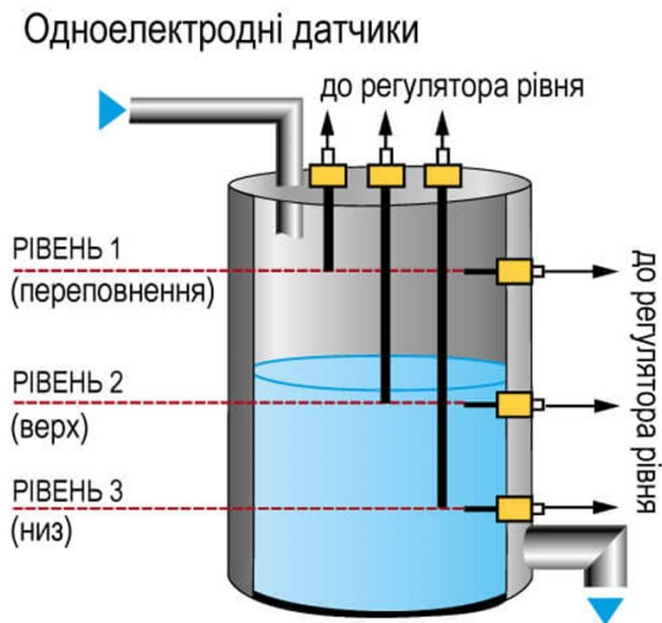


Рис. 2.3 Використаний метод підключення

## РАДІОЛОКАЦІЙНІ (РАДАРНІ) РІВНЕМІРИ

Принцип дії всіх відомих радарних рівнемірів ґрунтується на вимірюванні часу розповсюдження радіохвилі від антени рівнеміра до поверхні продукту, рівень до якого вимірюється, і назад, при відомій швидкості її розповсюдження. Відомо, що швидкість поширення електромагнітних хвиль (фазова швидкість, м/с) у середовищі залежить від властивостей середовища:

$$v = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_a \mu_a}}$$

де  $\epsilon_a = \epsilon_0 \epsilon$  — абсолютна діелектрична проникність середовища, Ф/м;  
 $\mu_a = \mu_0 \mu$  — абсолютна магнітна проникність середовища, Гн/м.

Як правило, застосовується локація через газ, тому що при цьому чутливий елемент не піддається впливу вимірюваного рідкого або сипкого середовища. Крім того, діелектричні проникності практично всіх газів близькі до одиниці, внаслідок цього показання рівнемірів практично не залежать від властивостей середовища, що заповнює ємність.

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

Переваги:

- не впливає склад випарів, за умови, що немає серйозних перепадів тиску або температури.

Недоліки:

- потрібна мінімальна електрична постійна речовини;
- чутливі до геометрії резервуара;

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

- може зазнавати труднощів через похилих стінок або зайвого хвилювання на поверхні;
- ненадійні свідчення при дуже низьких рівнях. Точні виміри в порожніх або майже порожніх резервуарах можуть бути проблемою.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод **підходить** для нас.

### **Безконтактний радарний рівнемір Rosemount 5408**

Рвнемір використовує удосконалені технології та ергономічний дизайн для забезпечення точних та надійних вимірювань як рідин, так і сипких матеріалів . Завдяки двопровідній технології, заснованої на принципі частотно-модульованої безперервний хвилі (FMCW) Rosemount 5408 створює безперервний потік ехосигналу з максимальним посиленням, що забезпечує стабільність та надійність вимірювань. Інтерфейс програмного забезпечення Rosemount 5408 інтуїтивно простий у використанні при установці, введенні в експлуатацію , тестуванні та технічному обслуговуванні . Завдяки відповідно до стандарту функціональної безпеки IEC 61508 за рівнем SIL 2, рівнемір Rosemount 5408:SIS знижує вартість ризику, що підвищує ефективність та захищає персонал та навколишню середу .

Похибка	Стандартне виконання : ( $\pm 2$ мм) Високоточне виконання : ( $\pm 1$ мм)
Діапазон вимірювань	40 м, 25 м для Rosemount 5408:SIS у виконанні для функціональної безпеки
Робоче тиск	(100 бар)
Робоча температура	(від $-60^{\circ}\text{C}$ до $+250^{\circ}\text{C}$ )
Живлення	4-20 мА / HART: 12-42,4 У пост. струму (12–30 В пост. струму в іскробезпечних установках) Foundation™ Fieldbus : 9–32 пост. струму (9–

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

	30 В пост. струму в іскробезпечних установках та 9–17,5 В пост. струму у разі FISCO)
Протокол зв'язку	цифровий 4–20 мА HART® (2-провідне електроживлення по струмовій петлі), Foundation™ Fieldbus
Сертифікація	ATEX, IECEx, FM і CSA, див. повний перелік сертифікатів у аркуші технічних даних
Безпека	Сертифікація SIL 2 IEC 61508 Випробовано та схвалено TÜV на захист від переливів відповідно до норм WHG
Тип антени	Конічна антена, антена з технологічним ущільненням параболічна антена

### Особливості

Низьке стартове напруга, 12 В пост. струму

Несприйнятливий до періодичної втрати харчування

Унікальна конструкція ущільнення ПТФЕ виключає необхідність ущільнювальних кільця

Модель відповідає вимогам функціональної безпеки, сертифікована за стандартом IEC 61508 SIL 2

Вимірювання рівня сипучих матеріалів за допомогою унікального алгоритму

Антенна з технологічним ущільненням для процесів із сильним конденсатоутворенням та агресивними середовищем. Також доступне з'єднання типу Tri Clamp

Сертифікація 3-A для гігієнічних процесів

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

## Витратоміри

### ТАХОМЕТРИЧНІ ВИТРАТОМІРИ

За принципом дії тахометричні лічильники рідин і газів поділяються на швидкісні та об'ємні. У швидкісних приладах рідина, яка проходить через камеру, обертає вертушку, кутова швидкість якої пропорційна швидкості потоку. Такі прилади використовуються як лічильники гарячої та холодної води. Застосовують лічильники з крильчаткою, які розміщуються перпендикулярно до вимірюваного потоку, і з гвинтовою вертушкою, у яких потік рідини спрямований паралельно до осі вертушки.

Для вимірювання кількості газу найбільш розповсюджені об'ємні ротаційні лічильники. У середині кожуха лічильника обертаються ротори. Вали роторів зв'язані між собою зубчастими колесами, які - знаходяться поза корпусом. Обертання одного з валів передається на лічильний механізм. За один оберт ротор відсікає чотири об'єми газу, які в сумі дорівнюють об'єму вимірювальної камери лічильника.

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

#### Переваги:

- Підходять для вимірювання витрати рідини, пари та газу;
- Прості і дешеві моделі;
- Легко монтуються на трубопроводі малих діаметрів і часто використовуються в побутових умовах;
- Працюють без джерела живлення, електропідключення не потрібно.

#### Недоліки:

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

- Для трубопровода великого діаметра (тобто в промисловому обліку) тахометрические витратоміри будуть занадто дорогими через підвищену металоємності, а також надто громіздкими;
- Створюють гідравлічний опір потоку і в разі з великими діаметрами можуть стати причиною «блокування» або вийти з ладу через механічні поломок;
- Невисока надійність для промислових вимірювань, малий динамічний діапазон;
- Недостатня точність обліку: на результати впливають домішки і сторонні предмети в потоці;
- Термін експлуатації недостатньо високий: підходить для побутових умов, але не для промисловості.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

## ВИТРАТОМІРИ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКУ

Одним з найбільш поширених методів вимірювання витрати рідини, газу та пари є метод змінного перепаду тиску, оснований на вимірюванні різниці тисків, яка створюється будь-яким звужуючим пристроєм, встановленим в трубопроводі на шляху руху речовини. Таким чином, під час протікання речовини утворюється різниця тисків до і після звужуючого пристрою.

Основа дросельних вимірювальних перетворювачів (витратомірів змінного перепаду тиску) складає безпосередньо звужуючий пристрій (діафрагма), який має спеціальні виводи в кутах (до і після діафрагми) для під'єднання імпульсних трубок, що забезпечують відведення тисків  $P_1$  та  $P_2$  на входи дифманометра, який є вторинним приладом витратоміра.

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

В Основу дросельних вимірювальних перетворювачів (витратомірів змінного перепаду тиску) складає безпосередньо звужуючий пристрій (діафрагма), який має спеціальні виводи в кутах (до і після діафрагми) для під'єднання імпульсних трубок, що забезпечують відведення тисків P1 та P 2 на входи дифманометра, який є вторинним приладом витратоміра.

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

Переваги:

- Рухомі частини в приладі відсутні.

Недоліки:

- Вимірювання можливі в малому динамічному діапазоні;
- Будь-які опади на пристрої звуження потоку призводять до значних похибок;
- Механічні перешкоди в перерізі знижують надійність конструкції.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### **ІНДУКЦІЙНІ ВИТРАТОМІРИ**

Принцип дії індукційного витратоміра заснований на законі Фарадея - законі електромагнітної індукції. Якщо в трубопроводі тече провідна рідина між полюсами магніту, то в напрямку, перпендикулярному напрямку рідини, і в напрямку основного магнітного потоку виникає е.р.с. на електродах, пропорційна швидкості руху рідини. Магнітне поле створюється джерелом живлення електромагніта. Електронний підсилювач посилює е.р.с., індуковану на електродах 8, що реєструє вторинний вимірювальний електронний прилад витратоміра

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

Дані витратоміри мають ряд недоліків: їм властиве утворення паразитних е.р.с. і явище поляризації електродів, при цьому змінюється опір датчика. Ці недоліки створюють істотні додаткові похибки, для зменшення яких вводять автоматичну компенсацію паразитних е.р.с., а електроди виготовляють платиновими, танталовими і вугільними.

Індукційні витратоміри дозволяють вимірювати витрати абразивних рідин і пульпи, лугів, кислот і інших агресивних середовищ у широкому діапазоні - від 1,25 до 400 м<sup>3</sup>/год.

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

Переваги:

- мала інерційність показників;
- немає частин, що знаходяться усередині робочого трубопроводу, тому вони мають мінімальні гідравлічні втрати.

Недоліки:

- утворення паразитних е.р.с. і явище поляризації електродів, при цьому змінюється опір датчика.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### **ВИТРАТОМІРИ ЗМІННОГО РІВНЯ**

Витратомірами змінного рівня називають вимірювачі, що ґрунтуються на залежності між витратою і висотою рівня в посудині, в яку рідина неперервно надходить і з якої вона витікає через отвір (щілину) у дні чи боковій стінці (таким

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

чином, перетворювачем витрати в таких витратомірах є посудина з отвором витікання), тому їх ще називають щілинними витратомірами.

Їх застосовують для неперервного вимірювання та автоматичного регулювання витрати рідин, які не тверднуть і перебувають під атмосферним тиском. У хімічній промисловості ці прилади використовують для вимірювання витрат особливо активних і забруднених рідин, рідин, змішаних з газом, зокрема газонасичених нафт.

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

Переваги:

- Рухомі частини в приладі відсутні.

Недоліки:

- Вимірювання можливі в малому динамічному діапазоні;
- Будь-які опади на пристрої звуження потоку призводять до значних похибок;
- Механічні перешкоди в перерізі знижують надійність конструкції.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### **УЛЬТРАЗВУКОВІ ВИТРАТОМІРИ**

Принцип дії ультразвукових витратомірів заснований на тому, що фактична швидкість поширення ультразвуку в середовищі газу, що рухається, або рідини дорівнює геометричній сумі середньої швидкості руху середовища і власної швидкості звуку в цьому середовищі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						60
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Чутливим елементом датчика (випромінювача і приймача) є п'єзоелемент - прямокутна кварцова платівка з плоскопаралельними площинами, що має властивості прямого й оберненого п'єзоелектричного ефекту. Якщо до одних протилежних площин п'єзоелементу підключити напругу, то під дією електричного поля на двох інших протилежних площинах виникають механічні коливання. І навпаки, якщо на одних площинах збуджувати механічні коливання, то на протилежних виникає п'єзо-е.р.с.

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

#### Переваги:

- Стійкість до вібрацій і ударів;
- Стабільний довговічний корпус;
- Підходять для нафтопереробної промисловості і систем охолодження;
- Виконують виміри витрат води і рідин, подібних воді за фізичними властивостями;
- Працюють в середньому динамічному діапазоні вимірювань;
- Можуть монтуватися на трубопроводи великих діаметрів.;
- висока швидкодія, надійність датчиків (випромінювачів і приймачів);
- Принципова можливість вимірювання витрат будь-яких рідин і газів, у тому числі і неелектропровідних.

#### Недоліки:

- Підвищена чутливість до вібрацій;
- Сприйнятливність до опадів, що поглинає або відображає ультразвук;
- Чутливість до перекосів потоку.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод **підходить** для нас.

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

**TUF2000M+TS2-НТ** ультразвуковий витратомір з комплектом накладних датчиків TS2 розрахований на труби діаметром від 25 мм до 100 мм та температурним діапазоном рідини від -30 до 90°C.

Ультразвуковий витратомір TUF2000M розроблений для вимірювань об'ємного витрати та швидкості руху рідини у трубопроводах, а також виконання функцій лічильника теплової енергії при підключенні температурних датчиків СТ1.

Накладні датчики мають захист IP68 забезпечує повну герметизацію та тривалу роботу під водою на глибині до 2-х метрів (при монтажі потрібно контактну групу залити силіконом або іншим герметиком).



Рис. 2.4 TUF2000M+TS2-НТ

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

Технічні характеристики ультразвукового витратоміра TUF2000M із накладними датчиками TS2-НТ		
TUF2000B	Принцип	Вимірювання тимчасових параметрів частотно-модульованого імпульсу та його відгуку
	Похибка	2% у діапазоні від 0,5 м/с до 1,0 м/с ( залежно від типу датчика, витрати , швидкості можливе налаштування витратоміра для зниження похибки до 1%)
	Дисплей	2 x 20 символів , РКІ з підсвічуванням
	Виходи	1 x 4 -20 мА , опір в межах 0-1 кОм, похибка 0,1%
		1 x ОСТ імпульс , тривалість до 1000мс, за замовчуванням 200мс
		1 x Relay - вихід
	Входи	3 x 4 -20 мА , похибка 0,1%, (температура тиск рівень рідини _
2 x датчики потоку ( up / down )		
2 x температурні входи Pt100, для реалізації обліку тепловий енергії		
Інтерфейси	RS485, для оновлення ПЗ, підтримує MODBUS	
Кабель	здвоєний , екранований - до 50 метрів , RS485 - до 1000 метрів	
Умови встановлення	Матеріал труб	сталь, нержавіюча сталь , мідь , чавун , ПВХ, алюміній , цемент, скло
	Діаметр труб	для датчиків TS-2- НТ : від 25 мм до 100 мм
	Прямолінійний ділянку	10D до першого датчика (UP); 5D від другого датчика (DOWN); 30D від насоса.
Вимоги до рідини	Тип рідини	вода, спирти , олії, розчини , бензини , гас, скраплені гази
	Температура	для датчиків TS-2- НТ: від -30°C до 160°C.
	Швидкість рідини	від 0 до 7 м/с
	Турбулентність	не більше ніж 10000 ppm
Умови експлуатації	Температура	витратомір : від -20°C до 60°C, датчики TS2: від -30°C до 90°C
	Вологість	85% вологості , датчики можуть бути занурені на глибину до 2 метрів . ( контакти залиті силіконом )
живлення	4-20 мА	
Габарити	132 x 150 x 85 мм	

## Температура

### РІДИННІ СКЛЯНІ ТЕРМОМЕТРИ

Рідинні скляні термометри – вимірювання температури ґрунтується на різниці коефіцієнтів об’ємного розширення матеріалу оболонки корпусу

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						63
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

термометра та рідини, яка в ньому міститься (розміщена) в залежності від температури. Корпус термометра виготовляються із спеціальних термометричних сортів скла з малим коефіцієнтом розширення. При вимірюванні високих температур використовують кварц. В якості термометричної рідини використовують: ртуть, етиловий спирт толуол, пентан та інші. Найбільш розповсюджені ртутні, їх переваги: діапазон вимірювання (-35...+600 °С), незмочуваність скла ртуттю

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

Переваг:

- простота конструкції,
- невисока вартість,
- достатня точність.

Недоліки:

- відсутність дистанційної передачі та реєстрації показів,
- значна теплова інерційність,
- незручність зняття показів і невисока механічна міцність, що обмежує їх використання в технологічних вимірюваннях, неможливість ремонту.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### **ДИЛАТОМЕТРИЧНІ ТА БІМЕТАЛЕВІ ТЕРМОМЕТРИ**

Дилатометричні термометри розділяються на суто дилатометричні (їх ще називають стержневі) та біметалеві. Принцип дії ґрунтується на зміні лінійних розмірів твердих тіл під впливом температури

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

Дилатометричний (стержневий) термометр являє собою закриту з одного кінця металеву трубку (датчик), виготовлену із металу з високим коефіцієнтом лінійного розширення (наприклад, мідь, латунь), в середині якої закріплюється стержень з малим коефіцієнтом лінійного розширення — наприклад інвар (64% Fe і 36% Ni) або плавлений кварц тощо. Один кінець трубки закріплюється на об'єкті вимірювань, а сама трубка занурюється у вимірюване середовище. З підвищенням температури довжина трубки збільшується, а стержні залишається практично незмінним, і вільний кінець трубки переміщується разом із стержнем, важелем, рухомим контактом сигналізуючого чи регулювального пристрою і вимірювальною стрілкою. Пружина забезпечує надійний контакт

У біметалевих термометрах, як чутливий елемент використовують термобіметалеву пластину або стрічку, зігнуту у вигляді гвинтової чи спіральної пружини. Біметал одержують методом холодного прокатування двох металів з різними коефіцієнтами розширення від температур. При нагріванні пластини розгинається у бік матеріалу з меншим коефіцієнтом розширення

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

Переваги:

- вимірювати температуру без використання додаткових джерел енергії;
- порівняльна простота і надійність конструкції;
- широкий вибір діапазонів вимірювань;

Недоліки:

- відносно невисока точність вимірювання;
- значна інерційність.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						65
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

## МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

Принцип дії манометричних термометрів ґрунтується на механічному переміщенні пружкого чутливого елемента в замкненій герметичній системі від зміни або тиску газу, або зміни об'єму рідини, або зміни тиску насиченої пари в залежності від вимірюваної температури.

Манометричний термометр складається із: термобалона, який розміщується в об'єкті вимірювання; капілярної трубки довжиною до 60 м і внутрішнім діаметром 0,1- 0,5 мм з захисним металорукавом та манометричного приладу, який складається із чутливого елемента в вигляді трубчатої пружини з овального перерізу (одно або багато виткової, остання може бути спіралевидної чи гелікоїдальної форми, а замість трубчатої пружини може використовуватись і сильфон); передавального механізму, який в свою чергу складається з біметалевого термокомпенсуючого повідка, зубчатого сектору, та шестерні, на якій закріплена стрілка та шкали.

Межі вимірювання температури для різних наповнювачів манометричних термометрів:

газових: (азот, гелій, водень) – (-260...+600) °С;

рідинних: ртуть – (-40...+600°С); ксилол, метиловий спирт (-40...+180°С);

силіконова рідина – (-150...+300) °С;

конденсаційні: хлорметил - (-20...+150°С); ацетон - (-60...+200°С);

бензол – (-100...+250°С)

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

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

### Переваги:

- можливість вимірювання температури без використання додаткових джерел енергії;
- порівняльна простота конструкції;
- можливість автоматичного запису показань;
- вібростійкість;
- вибухобезпечність;
- нечутливість до зовнішніх магнітних полях.

### Недоліки:

- відносно невисока точність вимірювання,
- труднощі ремонту при розгерметизації вимірювальної системи,
- низька міцність капіляра,
- невелика відстань дистанційної передачі показань, значна інерційність.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

## ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

Принцип дії термоелектричних термометрів (термопар) ґрунтується на ефекті виникнення електрорушійної сили (ЕРС) в замкнутому ланцюгу, який складається із різнорідних провідників А і В, при умові, що місця їхніх з'єднань мають різну температуру. Ефект пояснюється тим, що виникнення ЕРС (або її ще називають контактною різницею потенціалів) пов'язане з вільними електронами в металах, які переміщуються з металу, де їх концентрація більша, в метал, у якого концентрація електронів менша.

Значення цієї ЕРС, яку називають термоелектрорушійною силою (ТЕРС) залежить:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						67
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

- від матеріалу провідників, що з'єднані;

- від різниці температур місць з'єднань провідників (дротів ):  $t_x$  – температура робочого (гарячого) спаю, який розміщується в об'єкті, температуру якого вимірюють, та  $t_0$  – температури холодного спаю ( вільних кінців ), що виведені ззовні з об'єкту і знаходиться в місці з постійною температурою.

Найбільше розповсюджені наступні типи стандартних термопар (першим в запису вказується електрод з надлишком електронів і який, після їхнього переміщення до другого електроду термопари, має позитивний заряд):

1) Платинородій (склад: 10% родію та 90% платини) – платинові. Позначення термопари ТПП, а її градувальної характеристики ПП (S – міжнародне). Діапазон вимірювання:  $-20...+1600^{\circ}\text{C}$ . Розділяються на еталонні, зразкові робочі. Надійно працюють в нейтральному та окиснюваному середовищі. На платину шкідливо діють пари металів та вуглецю. Є кращими за комплексною оцінкою до  $1600^{\circ}\text{C}$ . Виготовляються із проводу діаметром 0,5...1мм. Розвивають ТЕРС – 0,1...13,13мВ.

2) Платинородій (30% родію) – платинородієві (6% родію). Позначення: ТПР, а градувальних характеристик ПР(В). Діапазон вимірювання: до  $600 - 1800^{\circ}\text{C}$ . Не потребують введення поправки на температуру холодних спаїв, так як при  $t=20^{\circ}\text{C}$  мають мале значення ТЕРС 0,002мВ.

3) Хромель – алюмелеві. Хромель - сплав хрому та нікелю ( $8\div 10\%$  Cr, а залишок - Ni). Алюмель – сплав нікелю (основа  $\cong 94\%$  ) та алюмінію, марганцю, кремнію в сумі  $\approx 6\%$ . Відповідно позначення термопари: ТХА, ХА(К). Діапазон вимірювання:  $-50 \div +1000^{\circ}\text{C}$ . Розвивають ТЕРС  $-1,86 \div$  до  $41,32$  мВ.

4) Хромель – копелеві. Копель – сплав міді (Cu є основа – 56%) та Ni (43%) + Mn (0,5% - марганцю). Позначення термопари та градувальної характеристики: ТХК, ХК (Е). Діапазон вимірювання:  $-200^{\circ}\text{C} \div +600^{\circ}\text{C}$  та розвивають найбільшу ТЕРС – 7мВ на кожні  $100^{\circ}\text{C}$ .

5) вольфрамреній (5% - Re) – вольфрамренієві ( 26% - Re ). Позначення термопари та градувальної характеристики: ТВР (С), ВР  $-5/20$ . Діапазон вимірювання:  $0^{\circ}\text{C}...+2300^{\circ}\text{C}$ .

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						68
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

6) Залізо-констатанові. Констатан - сплав Cu та Ni. Позначення термопар та градувальної характеристики I. Діапазон вимірювання:  $-210 \div +1200^{\circ}\text{C}$ . Абсолютна похибка  $\Delta t$  вимірювання складає не більше  $\pm 2,2^{\circ}\text{C}$ .

7) Мідь-констатанові. Позначення термопар та градувальної характеристики T. Діапазон вимірювання:  $-270 \div +400^{\circ}\text{C}$ . Абсолютна похибка  $\Delta t$  вимірювання складає не більше  $\Delta t = \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Точність показів контактних термометрів на технологічній лінії залежить від способу їхньої установки, тобто, правильного вирішення питання теплообміну між вимірюваним і зовнішнім середовищами, та самим термометром. Використовують 2 методи встановлення термометрів:

1) у захисних оправах (найбільш розповсюджені)

2) без них – шляхом безпосереднього занурення термометра у вимірюване середовище (для рідинних скляних). Для вимірювання температури в трубопроводі термометр необхідно встановлювати так, щоб вісь термометра проходила посередині резервуара. Найбільш правильним є встановлення термометра вздовж осі трубопроводу на коліні, коли потік піднімається. Не рекомендується встановлення на вертикальних трубопроводах з низхідним потоком.

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

Переваги:

- простота,
- висока точність,
- великий діапазон вимірювань,
- надійність.

Недоліки:

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

- вплив температури вільних кінців термопар на її свідчення,
- нелінійна характеристика залежності термоЕРС від температури.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

## ТЕРМІСТОРИ

Термістори - це напівпровідникові терморезистори з від'ємним ТКО, у яких електричний опір різко зменшується із збільшенням їх температури.

Для виготовлення термісторів використовують напівпровідникові матеріали: германій, окисли: міді, марганцю, кобальту, магнію, заліза, титану і їх суміші. Такі матеріали мають великий від'ємний ТКО та великий питомий опір. Це дає можливість виготовляти малі за розміром чутливі елементи зі значними коефіцієнтами перетворення, значення яких в 5-10 раз більші, ніж у провідникових терморезисторів. При виготовленні термісторів суміш порошків компонентів запікається у формі під тиском і закріплюється поверхневим обпалюванням при  $t=1000^{\circ}\text{C}$  в контрольованій атмосфері. Виводи припаюють до двох точок попередньо металізованої поверхні напівпровідника. Випускають термістори у вигляді дисків, циліндрів, кілець.

Найбільш поширені терморезистори типу ММТ (суміш окислів міді та марганцю, діапазон:  $-60^{\circ} \dots +180^{\circ}\text{C}$ ) та КМТ (окисли кобальту та марганцю, діапазон:  $-10 \dots +300^{\circ}\text{C}$ ). По наведеним діапазонам вимірювання зміна опору ММТ та КМТ відповідного термістора нелінійна.

Як ЗВ для вимірювання температури термістори практично не використовують через нелінійну характеристику перетворення. Але термістори є незамінними в каналах технологічного контролю та сигналізації, коли ТО повинен бути чутливим та компактним (малогабаритним). Різко виражена не лінійність

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

вольт-амперної характеристики дозволяє використовувати їх в якості безконтактних реле.

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

Термістори КМТ міцні, надійні і стабільні, і вони обладнані для роботи в екстремальних умовах навколишнього середовища і завадостійкості більшою мірою, ніж інші типи датчиків температури.

- Компактний розмір
- Швидкий час відгуку
- Економічність
- Якщо придбаний термістор має правильну криву RT, ніяка інша калібрування не потрібно під час установки або протягом терміну її експлуатації.
- Збіг точок: здатність отримати певний опір при певній температурі.
- Відповідність кривої: змінні термістори з точністю від + 0,1 ° C до + 0,2 ° C.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### **ПРОМЕТРИ**

Пірометри по принципу дії розділяють на:

- 1) оптичні (яскравості);
- 2) повного випромінювання (радіаційні) та
- 3) спектрального відношення (кольорові).

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

Оптичні пірометри (яскравості) – принцип дії ґрунтується на порівнянні яскравості монохроматичного випромінювання нагрітого тіла з яскравістю нитки розжарювання (горіння) пірометричної лампи. Оператор за допомогою об'єктива з окуляром спостерігає, на фоні зображення нагрітого тіла, зображення нитки розжарювання пірометричної лампи і, регулюючи струм розжарення лампи, прагне знайти положення регулятора, коли нитка зникає. По положенню регулятора і, відповідно, по струму розжарювання нитки лампи, судять про температуру в тілі. Використовуються при вимірюванні температури від 700 до 8000°C (10000°C).

Принцип дії радіаційних пірометрів (певного випромінювання) ґрунтуються на залежності повної енергетичної яскравості тіла як у видимій, так і невидимій частинах спектру випромінення від температур нагрітого тіла. Енергія нагрітого тіла за допомогою об'єктива концентрується на кінцях батареї термоелектричних перетворювачів, яка є приймачем та перетворювачем променистої теплової енергії в термоелектрорушійну силу, величина якої в свою чергу вимірюється мілівольтметром, який проградуєований по шкалі в °С. Розрізняють високотемпературні радіаційні пірометри в діапазонах від 400 до 3500°C.

Останні використовуються в молочній промисловості і в якості чутливого елемента використовують термометр опору, а не батарею термопар. Принцип дії пірометрів спектрального відношення (кольорових) ґрунтуються по залежності відношення спектральних енергетичних яскравостей в двох відділеннях спектру з визначеними значеннями довжин хвиль від температури тіла. Вимірюване випромінювання нагрітого тіла об'єктивом та спеціальною призмою розділяється на два потоки променистої енергії червоної та синьої, спектральні яскравості які направляють по черзі на фотоелементи. Сигнали з фотоелементів надходять в спеціальну схему перерахунку, де перетворюються в уніфікований сигнал постійного струму. Використовуються в діапазонах температур 800 - 2800°C.

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

## Аналіз методів на предмет можливості його використання в проекті

### Переваги:

- висока швидкодія;
- можливість вимірювання температури рухомих об'єктів та елементів обладнання, що знаходяться під високовольтною потенціалом;
- відсутність спотворення температурного поля об'єкта контролю;
- можливість вимірювання високих температур, при яких застосування контактних засобів вимірювання або неможливо, або вони швидко виходять з ладу;
- можливість роботи в умовах підвищеної радіації і температури навколишнього середовища (До 250°).

### недоліки:

- Труднощі повного обліку зв'язків між температурою об'єкта і реєструється пірометром теплової радіацією, тобто поява помилки вимірювань на відстані.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод не підходить для нас.

### ТЕРМОМЕТРИ ОПОРУ

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

Така властивість металів характеризується температурним коефіцієнтом опору (ТКО), який визначається як відношення приросту опору провідника, що виготовлений із цього металу, до приросту температури, що привела до його нагрівання та зміни електричного опіру, та опору провідника

					Кваліфікаційна робота	Арк
						73
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Для провідників (металів) - ТКО додатний і їхній опір зростає з зростанням температури, а перетворювачі, які виготовлені із металевого дроту називають (в загальному) терморезисторами. У напівпровідників навпаки – ТКО від’ємний і їхній опір електричному струму падає із ростом температури, а перетворювачі, що виготовлені із напівпровідникових матеріалів, називають термісторами

В ПВП температури може використовуватись будь-який терморезистор, але в якості засобів вимірювання температури з нормованими метрологічними характеристиками (НМХ) використовують термометри опору (ТО). ТО це терморезистори з НМХ, які виготовлені із чистих металів (міді, платини, нікелю, вольфраму або заліза) і які відповідають наступним вимогам:

- мають достатньо великий і незмінний в часі ТКО, який прийнято визначати для ТО в інтервалі температур від 0 до 100 °С по залежності:

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100}, \text{ [ для більшості чистих металів } \alpha \cong 4 \cdot 10^{-3} (\frac{1}{^\circ\text{C}}) ]$$

де  $R_0$  та  $R_{100}$  - опір ТО при 0 та при 100 °С, Ом;

- мають монотонну без гістерезису характеристику перетворення  $R = f(t)$ ;

- мають високий питомий електричний опір, а метал ТО не вступає до взаємодії з вимірюваним середовищем.

Найбільше розпоширені провідникові ТО з таких металів: платина (від -200 °С до +600 °С), нікель (від -60 °С до +180 °С), мідь (від -190 °С до +150 °С), вольфрам (від -100 °С до +1400 °С) - в залежності від необхідного діапазону вимірюваних температур.. ТО являє собою дріт певної довжини і діаметром  $\cong 0,07\text{мм}$ , що намотаний на стержень із ізоляційного матеріалу (наприклад, слюди). Чутливі елементи ТО розміщують в корпус (кожух) із нержавіючої сталі, який має різьбове з’єднання для його кріплення до металевих стінок технологічного обладнання та головку, в якій розміщують клеми під’єднання зовнішніх проводів. Для вимірювання температури в системах вентиляції і в приміщеннях, виготовляють спеціальні ТО, оболонка яких перфорується, для швидкого доступу повітря до чутливого елемента.

					Кваліфікаційна робота	Арк
						74
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

## Аналіз методів на предмет можливості його використання в проекті

### Переваги:

- Висока точність вимірювань (зазвичай краще  $\pm 1^\circ \text{C}$ ), може доходити до 13 тисячних  $^\circ \text{C}$  (0,013).
- Можливість виключення впливу зміни опору ліній зв'язку на результат вимірювання при використанні 3 або 4-провідної схеми вимірювань.
- Практично лінійна характеристика.

### Недоліки:

- Малий діапазон вимірювань (в порівнянні з термопарами)
- Дорожча (в порівнянні з термопарами з неблагородних металів, для платинових термометрів опору типу ТСП).
- Потрібно додаткове джерело живлення для завдання струму через датчик.

На основі аналізу методу, визначаємо що цей метод **підходить** для нас.

## SITRANS TF2, польового виконання з термосенсором + Перетворювач температури

Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2 поєднує три компоненти в одному приладі: термометр опору Pt100 у захисній трубці з нерж. сталі, корпус з нерж. сталі з високим класом захисту і вбудований вимірюваний перетворювач з РКД, що параметрується трьома клавішами.

Використовується для індикації та контролю вимірюваної температури в місці установки. Існує осьова та радіальна версія SITRANS TF2.

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

SITRANS TF2 має корпус із нерж. сталі ( D 80 мм) із захисним склом. Захисна трубка із нерж. сталі з цапфою G1/2B, що вгвинчується, містить датчик температури Pt100. Завдяки використанню нерж. Сталі захисна трубка має високу хімічну стійкість, що означає високий захист датчика температури від зовнішніх впливів. Захисна трубка стандартно поставляється із довжинами 170 мм або 260 мм. На замовлення також можливі інші довжини та матеріали захисної трубки. Матеріал захисної трубки може вибиратися замовником. На задній стороні корпусу знаходиться електричне з'єднання для живлення за допомогою струмової петлі 4...20 мА. З'єднання здійснюється через штекерний роз'єм EN 175301-803A. На передній стороні корпусу знаходиться 5-значний дисплей за скляною кришкою. Під дисплеєм знаходяться 3 клавіші для налаштування SITRANS TF2. Над дисплеєм знаходиться зелений та червоний СІД для індикації робочого стану. SITRANS TF2 поставляється у двох варіантах. У радіальному виконанні (тип А) дисплей розташований паралельно захисній трубці. Дисплей може повертатись макс.  $\pm 120^\circ$  до захисної трубки. В осьовому виконанні (тип В) дисплей розташований під прямим кутом до захисної трубки. Дисплей може повертатися на  $360^\circ$  до захисної трубки.



Рис. 2.5 SITRANS TF2

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

## Пневматичні клапани

### ПНЕВМАТИЧНІ ДИСКОВІ ПОВОРОТНІ ЗАТВОРИ Ecoflo-BT

Представлений дисковий поворотний затвор з пневмоприводом застосовують для дистанційного керування рухом речовин у трубопроводах.

У сучасних трубопроводах дисковий затвор з пневмоприводом застосовують для автоматичного управління потоками газів або рідин. Зміна напрямку, об'єму та швидкості дає можливість змінювати тиск, температуру та інші характеристики потоку.

Вся продукція цього виробника обов'язково тестується та сертифікується відповідно до системи ISO 9001:2008. Такі клапани використовують для керування потоками нейтральних речовин, сумішей або повітря.

Основною відмінністю пристроїв цього є пневмоприводом. Саме він дозволяє чітко та скоординовано керувати поворотом запірного диска. В іншому, дисковий затвор з пневмоприводом практично не відрізняється від аналогів: диск закріплений у кільцевому корпусі на шпинделі, який разом із ходовою гайкою утворює різьбову пару. У положенні "закрито" запірний диск щільно прилягає до сідла, а при надходженні сигналу він повертається, регулюючи напрямок та швидкість потоку.

Запірно-регулюючий елемент з пневмоуправлінням успішно застосовується у системах водопостачання, пожежогасіння, а також у харчовій, хімічній, енергетичній та нафтогазовій галузях.

#### Основні особливості

- o Компактне виконання
- o Відносно низька вартість для великих розмірів
- o Еластомірне, полімерне або металеве сідло

					Кваліфікаційна робота	Арк
						77
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

- o Класи тиску PN10, PN16, PN25 та PN40 або ANSI 150 та ANSI 300
- o Міжфланцеве, з вушами, фланцеве або зварне з'єднання
- o Клас герметичності IV, V або VI
- o Сертифікати на матеріали та випробування за міжнародними стандартами
- o Робоча температура -60...+220°C
- o Температура навколишнього середовища -40...+80°C (з пневмоприводом)
- o Аналоговий або цифровий позиціонер
- o Захист IP66-IP68, моделі у вибухозахищеному виконанні



Рис. 2.6 Клапан Ecoflo-ВТ

Електропневматичні перетворювачі

**Електропневматичний перетворювач Fisher™ 846**

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

Перетворювач Fisher 846 служить для конвертації вихідного електричного сигналу контролера в пневматичний сигнал, необхідний для управління роботою приводу або пневматичного позиціонера регулюючого клапана. За допомогою електричного зворотного зв'язку перетворювач може вносити поправки на помилки впливу, що викликають, такі як коливання вхідного тиску і витоку нижче по потоку.

Клас зони Вибухозахисність, іскробезпека, незаймистість, загальне призначення, вибухобезпека

Сертифікати CSA, FM, ATEX, IECEx, TP TC, регіональні

Протокол передачі даних 4-20 мА, аналоговий сигнал

Інтерфейс даних Провідний

Вхідний сигнал Електричний

Максимальний вихідний тиск 35 фунтів/кв.дюйм хат. / 2,4 бар надл.

Тип монтажу віддалений монтаж, монтаж на приводі

Робоча температура Стандартна температура

Регулювання положення Плавне регулювання

Джерело живлення Локальне

Засоби живлення Повітря

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



Рис. 2.7 Fisher™ 846 і 2.8 Fisher™ 846 на пневмоклапані

## Електродвигуни

### Електродвигун АІР 112М2 7.5 кВт 3000 об/хв

Асинхронні трифазні двигуни з короткозамкненим ротором з прив'язкою потужності до габаритних розмірів за ГОСТ стандартом, призначений для підключення до трифазної мережі змінного струму напругою 380В або однофазною на 220В (з використанням конденсаторів).

Загальнопромислові асинхронні трифазні електродвигуни змінного струму серії АІР використовуються при комплектації електроприводами механізмів та агрегатів у різних галузях промисловості, на підйомниках та транспортерах, у системах промислової вентиляції, для приводу промислових насосів та інших типах обладнання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						80
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Переваги даних електродвигунів:

- витримують короточасні механічні навантаження;
- простота у конструкції;
- нескладність пуску та його автоматизації;
- переважно стабільна швидкість при різних навантаженнях;
- через високу точність виготовлення підвищений ККД (до 75%);
- застосування високоточних підшипників знизило рівень шуму (до 55 дБ);
- ступінь захисту IP55 забезпечує підвищений захист оболонки електродвигуна від пилу та води;
- зниження рівня реактивних струмів  $\cos\phi$  (до 0,86) значно знизило ризик перенапруги у мережі;
- збільшенням кратності пускових моментів отримано підвищення експлуатаційної надійності електродвигуна під час пусків та спонтанних перевантажень;



Рис. 2.9 Електродвигун AIP 112M2

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						81
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2.2 Схема автоматизації

За сигналом Старт від оператора, сигнал поступає на МПК. На виході з МПК сигнал поступає на електропневмоперетворювач Fisher846 (4в), а з нього пневматичний сигнал на пневмоклапани EGE Industrial Controls BT (4г,4д). Відкриваються клапани 4г і 4д, і в збірник води подається аміачна та холодна вода. Рівень контролюється кондуктометричним датчиком рівня ОВЕН ДС.П.3, вода набирається до 90%. Після чого, за програмою, сигнал подається на електропневмоперетворювач Fisher846 (1в), а з нього на пневмоклапан EGE Industrial Controls BT пари 1г і вода нагрівається до 83°C. Температура контролюється термометром опору SITRANS TF2. Далі сигнал на ЕПП Fisher846 (1в), а з нього на пневмоклапан EGE Industrial Controls BT 3г, який відкривається и вода змішана, підігріта поступає в вапногасильний апарат. Ведеться облік води за допомогою витратоміра ультразвукового T-SONIC TUF2000M+TS-2-НТ. Одночасно з цим, вмикається двигун М1, АІР112М2, вібраційного лотка - живильника типу VFT, який подає в вапногасильний апарат вапно. В вапногасильному апараті вмикається двигун М2, АІР112М2, мішалки апарата, який бере участь в процесі гасіння та покращує якість гасіння вапна. При заповненні апарата на 90%, за сигналом від ультразвукового рівнеміра EMERSON Rosemount 5408, що відповідає циклу створення молока в 220сек, вмикається мотори М8 вібросита і М3 насоса FLUX FDM 40, який перекачує в вібросито неочищене молоко з недопалом. Після позбавлення від недопалу на віброситі, неочищене молоко попадає до мішалки неочищеного молока, в якій вмикається мотор мішалки М6, який допомагає позбавитися неоднорідності молока та покращує якість

					Кваліфікаційна робота	Арк
						82
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

гасіння. В мішалці використаний ПьезоелектриК 804, вібраційний густиномір, густина молока повинна прагнути до 1.18г/см<sup>3</sup>. Рівень в мішалці контролюється ультразвуковим рівнеміром EMERSON Rosemount 5408, після заповнення мішалки на 90%, вмикається насос М4 FLUX FDM 40 і подає нечищене молоко на гідроциклон ПВО-ГЦ-1080, в якому за допомогою центробіжної сили проходить очистка молока. Після очистки, молоко попадає в мішалку очищеного молока, в якій вмикається мотор мішалки М6, який допомагає позбавитися неоднорідності молока. В мішалці використаний ПьезоелектриК 804, вібраційний густиномір, густина вапна повинна прагнути до 1.18г/см<sup>3</sup>. Рівень в мішалці контролюється ультразвуковим рівнеміром EMERSON Rosemount 5408, після заповнення мішалки на 90%, вмикається насос М4 FLUX FDM 40 і подає очищене молоко в сокоочисне відділення.

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

## 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації.

№ п/п	Позиції за схемою	Місце монтажу	Найменування і коротка технічна характеристика приладу	Тип, марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	6а, 7а	По місцю	Вібраційний густиномір Діапазон вимірювання густини середовища до 2000 кг / м <sup>3</sup> Вихідний сигнали аналоговий 4-20 мА	804	2	Пьезоелектрик
2	4а	По місцю	Кондуктометричні датчики рівня трьохелектродні. Тиск вимірюваного середовища: до 2 МПа; Максимальна робоча температура: 100 °С	ДС.П.3.	1	ОВЕН
3	2а	По місцю	Витратомір ультразвуковий, високотемпературний, від -30 ° С до 160 ° С. від 0 до 22 м <sup>3</sup> / год Вихідний сигнали аналоговий 4-20 мА	TUF2000 M+TS-2-NT	1	T-SONIC
4	1а	По місцю	Термометр опору з кабельним виводом Pt100, від -50 до +200 °С	TF2	1	SITRANS

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Кваліфікаційна робота

Арк

84

1	2	3	4	5	6	7
5	3а, 5а	По місцю	Безконтактний радарний рівнемір. Максимальний діапазон: 40 м; Робоча температура: -60...+250 °С; Робочий тиск: 10 МПа; Вихідний сигнал: 4-20 мА;	Rosemount 5408	3	EMERSON
6	KM1- KM8	По місцю	Магнітний пускач (контактор). Кількість силових полюсів: 3 Номинальний струм: (AC3) - 9 А, (AC1) - 25 А Напруга керування: 220 В Тип з'єднання: гвинт-зажим	BF0910D 220	8	LOVATO Electric
7	SB1- SB16	По місцю та на щиті	Вимикач кнопочний промисловий (циліндричний із самоповерненням). Комутують електричні ланцюги 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. Номинальний тепловий струм: 10 А	KME 4111 (червона)	16	ЕЛЕКТРОСЕРВІС
8	HL1- HL6	На щиті	Сигнальна арматура (лампа). Номинальна напруга: змінного струму 220 В та постійного 110 В	XB2-BV	6	ЕЛЕКТРОСЕРВІС

1	2	3	4	5	6	7
9	M3-M5	По місцю	Пневматичний мембранний насос. Максимальний робочий тиск: до 0.8 МПа Максимальна продуктивність: 450 л/хв Найбільший розмір твердих частинок (для забруднених середовищ): 6.4 мм	FDM 40	3	FLUX
1 0	M1- M2, M6-M8	По місцю	Електродвигун AIP112M2 7.5 кВт 3000 об/хв	112M2	5	AIP
1 1	1г,3г,4д ,4г	По місцю	Дискові поворотні затвори з пневмоприводом от DN 50 до DN 2000 Умовний тиск: до 1 МПа Робоча температура: -60...+220 °С	BT	4	EGE Industrial Controls
1 2	1г,3г,4д ,4г	На щиті	Електропневматичний перетворювач. Вхідний сигнал: 0(4)-20 мА Вихідний сигнал: 240 кПа	846	3	Fisher

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

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

Розробка системи процесу приготування вапняного молока виконувалася з промисловим логічним контролером (ПЛК) Schneider Electric M340.

Вибрані модулі для ПЛК M340 наведено в таблиці 3.1 та на рис. 3.1.

*Таблиця 3.1. Вибрані модулі для ПЛК M340.*

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX P342020	1	Процесорний модуль
BMX DDI1602	1	Блок дискретних входів 16
BMX AMM0600	2	Блок аналогових входів-виходів 4-2
BMX DDO1602	1	Блок дискретних виходів 16

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Зайцев Є.Ю.</i>			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва вапняного молока</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Киричук С.А.</i>					<i>87</i>	<i>7</i>
<i>Секретар</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>						

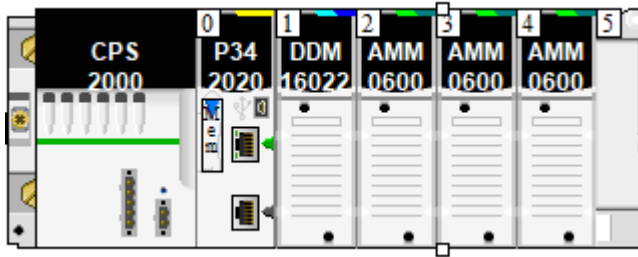


Рис. 3.1. Вибрані модулі ПЛК М340.

**Дискретні входи.** До 16-ти каналного модуля дискретних входів ВМХ DDI 1602 підключаються кондуктометричні датчики рівня, які визначають рівень в збірнику води.

**Аналогові входи – виходи.** До зміксованого 4-ьох каналного аналогових входів модуля підключено датчики рівня мішалок очищеного, неочищеного молока та вапногасильного апарата. Густиноміри мішалок очищеного, неочищеного молока. Ультразвуковий витратомір і термометр опору. Та 2-ух каналного аналогових виходів електропневматичний перетворювач з уніфікованими струмовими сигнали 4-20 мА для управління пневматичним клапаном, що управляє подачею пари.

**Дискретні виходи.** До 16-ти каналного модуля дискретних входів ВМХ DDO 1602 підключаються до двигунів мішалок очищеного, неочищеного молока та вапногасильного апарата, лоткового живильника. Двигунів насосів та електропневматичний перетворювач з уніфікованими струмовими сигнали 4-20 мА для управління пневматичними клапанами

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

На принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК процесу приготування затору при виробництві пива використані наступні елементи:

- автоматичні вимикачі з захистом по струму: QF1-QF5 – для подачі живлення на блоки живлення, аналізатори рН молока та модуль живлення ПЛК;
- блоки живлення: БЖ1-БЖ2 – для живлення датчиків, електропневматичних перетворювачів та модулів дискретних входів та виходів ПЛК постійною напругою 24 В.

На принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК процесу приготування затору при виробництві пива використана така нумерація провідників:

- 900-906: провідники з постійним струмом;
- 100-115: провідники з вимірювальним сигналом від датчиків;
- 200-208: провідники з сигналом управління;
- 301-308: провідники з сигналом управління на електропневматичні перетворювачі;
- 01-08: провідники з пневматичним сигналом;

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

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання рівня неочищеного молока в мішалці неочищеного молока

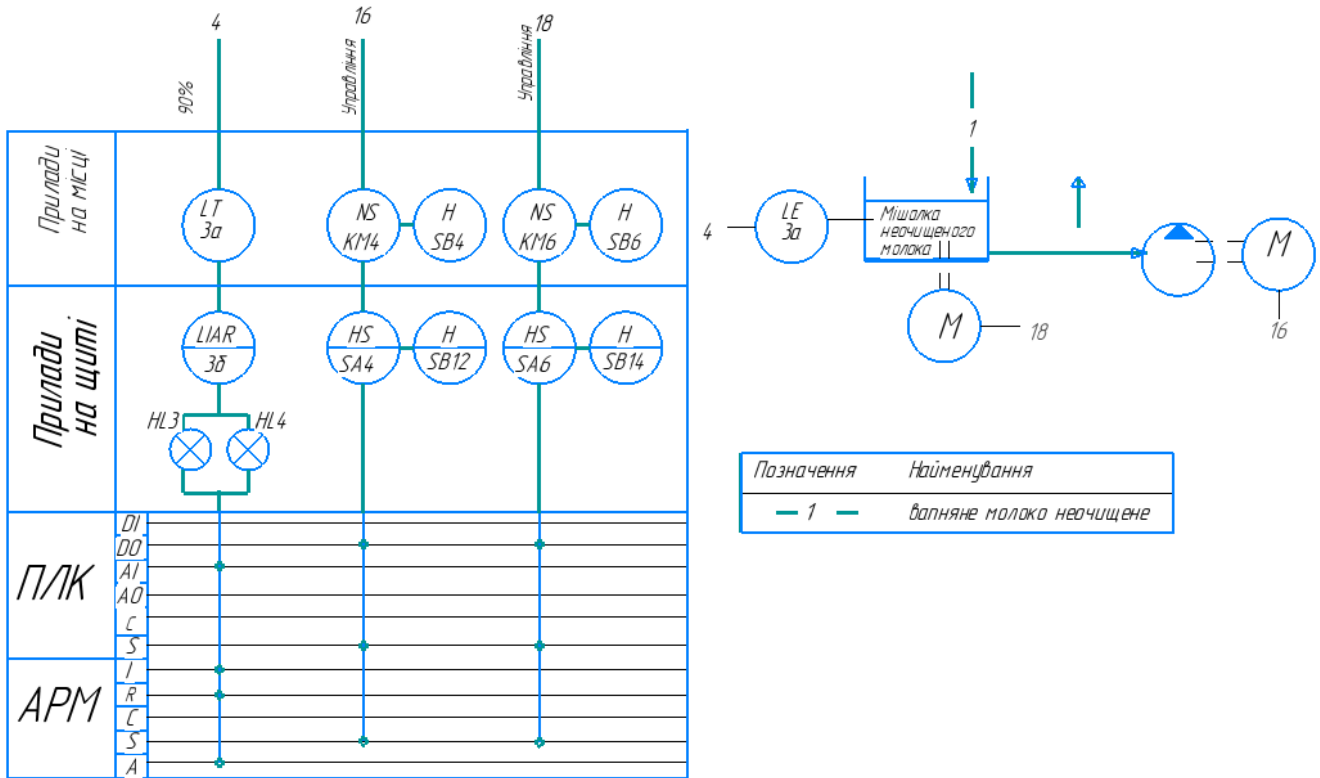


Рис. 3.2. Фрагмент схеми автоматизації контуру регулювання рівня неочищеного молока в мішалці неочищеного молока

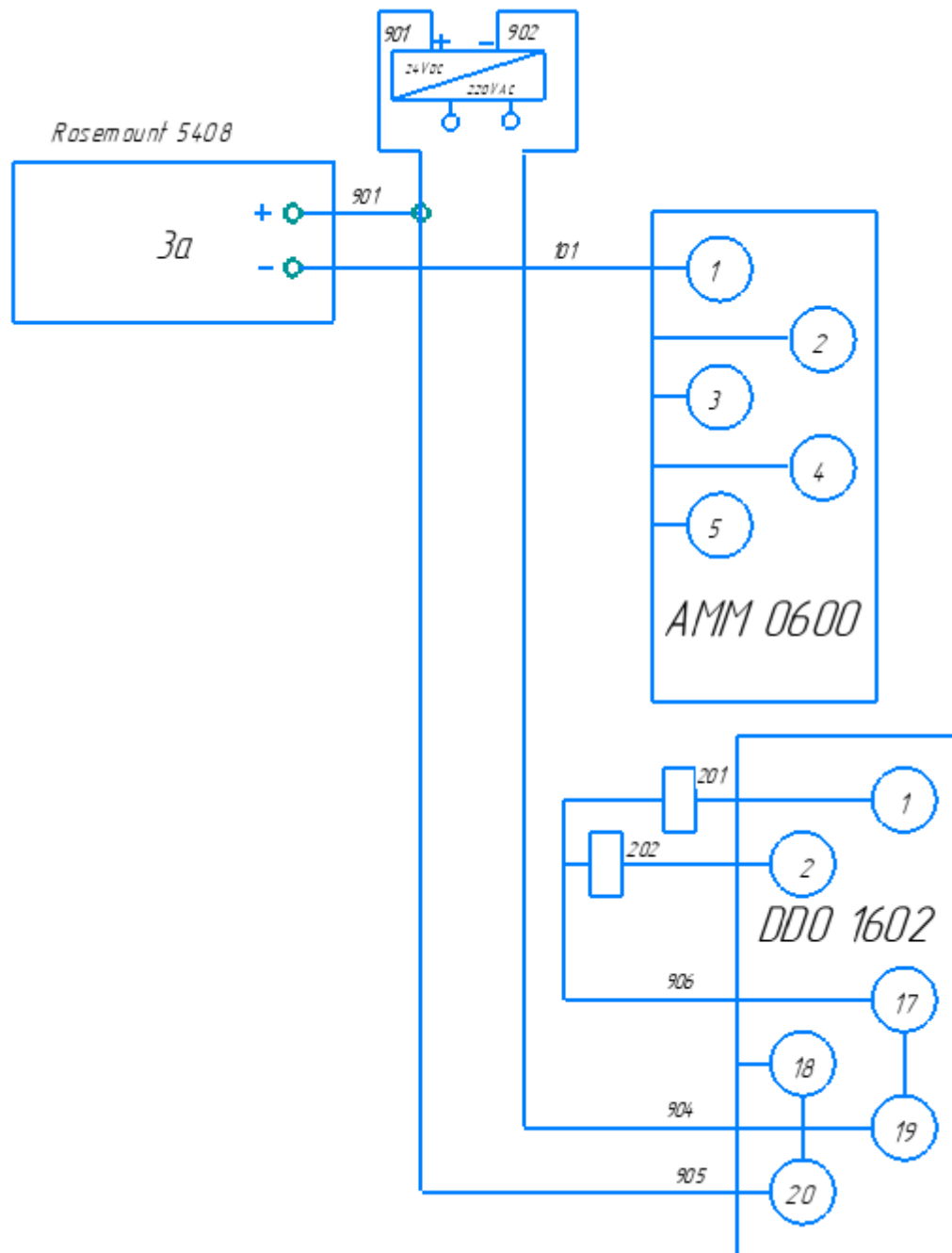


Рис. 3.3. Принципова розширена схема підключення рівнеміра Rosemount 5408 до модуля аналогових входів ВМХ АММ 0600 та магнітних пускачів до модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602

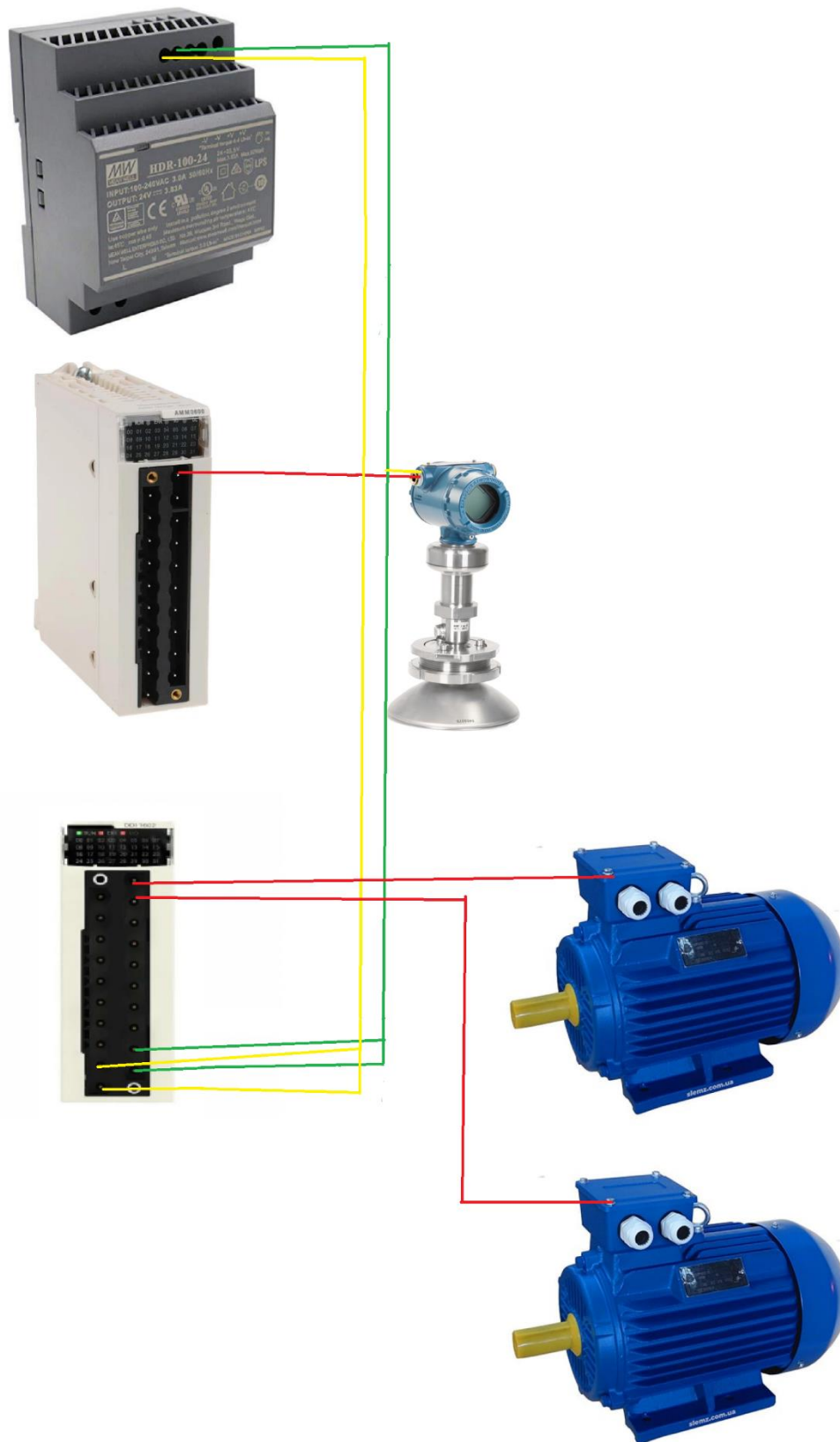


Рис. 3.4. Графічна схема підключення рівнеміра Rosemount 5408 до модуля аналогових входів ВМХ АММ 0600 та магнітних пускатів до модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602

Кількість неочищеного вапняного молока в мішалці неочищеного вапняного молока вимірюється радарним рівнеміром EMERSON Rosemount 5408. В момент, коли молока в мішалці стає 10% вмикається мотор AIP112M2. Для контролю рівня в мішалці використовується мембранний насос FLUX FDM 40 разом з мотором AIP112M2. Мотор наносу вмикається при рівні молока в 90% та перекачує неочене вапняне молоко в мішалку очищеного вапняного молока через гідроциклон.

Модулі аналогових входів та дискретних виходів, а також рівнемір EMERSON Rosemount 5408 живляться постійною напругою 24 В, що надходить від блоків живлення Mean Well HDR-100-24.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		93

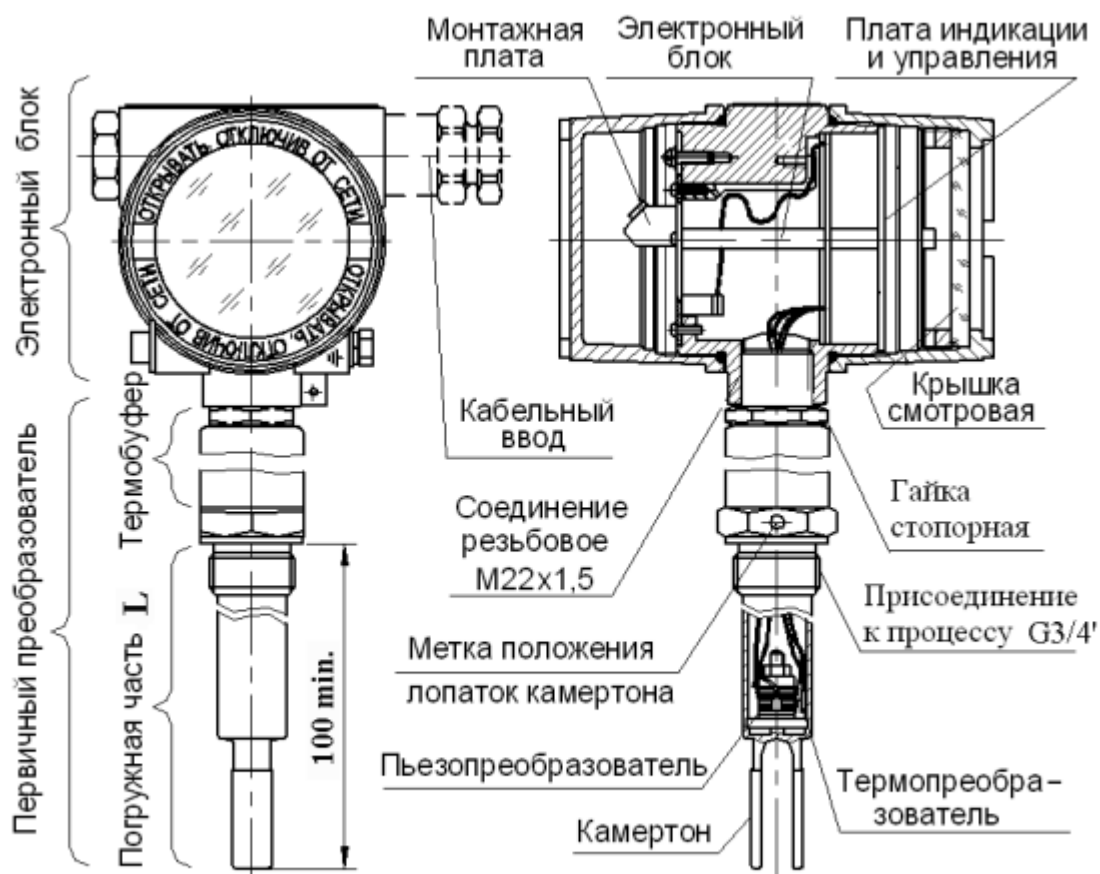
#### Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу.

Густиноміри призначені для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами та забезпечують безперервне перетворення значення вимірюваного параметра – густини середовища у вихідний електричний сигнал.

Густиноміри випускаються з вихідним цифровим сигналом за інтерфейсом RS485 або USART та/або аналоговим постійного струму 4-20мА та призначені для роботи з вторинною реєструючою та показовою апаратурою, регуляторами та іншими пристроями автоматики, машинами централізованого контролю та системами управління, сприймають зазначені сигнали. Підключення моделей з вихідним сигналом 4-20мА проводиться за двопровідною лінією зв'язку, цифровим – по чотири- або п'ятипровідній. Густиноміри мають загальнопромислове та вибухозахищені виконання.

Густиноміри встановлюються на ємності та трубопроводи в приварні боби з внутрішнім різьбленням G3/4A. При установці густиноміру з довжиною занурювальної частини «L» більше 600мм у ємності з рідким середовищем необхідно прийняти заходи щодо обмеження силового впливу при її переміщенні, наприклад, шляхом закріплення перетворювача кронштейном.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зайцев Є.Ю..			Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва вапняного молока	Лім.	Арк.	Аркуші
Керівник		Киричук С.А..					94	5
Секретар		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-1		
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						



Термобуфер – у моделей 401 и 411. Встроенный подогреватель – у модели 411.

Рис. 4.1 Склад та влаштування густиноміра.

Первинний перетворювач є сталевий трубчастий корпус, в якому закріплені жорстко з'єднаний з камертоном п'єзоперетворювач і термоперетворювач. Автогенератор електронного блоку за допомогою п'єзоперетворювача збуджує коливання камертону. При зміні густини вимірюваного середовища, в яке занурений камертон, частота його коливань змінюється.

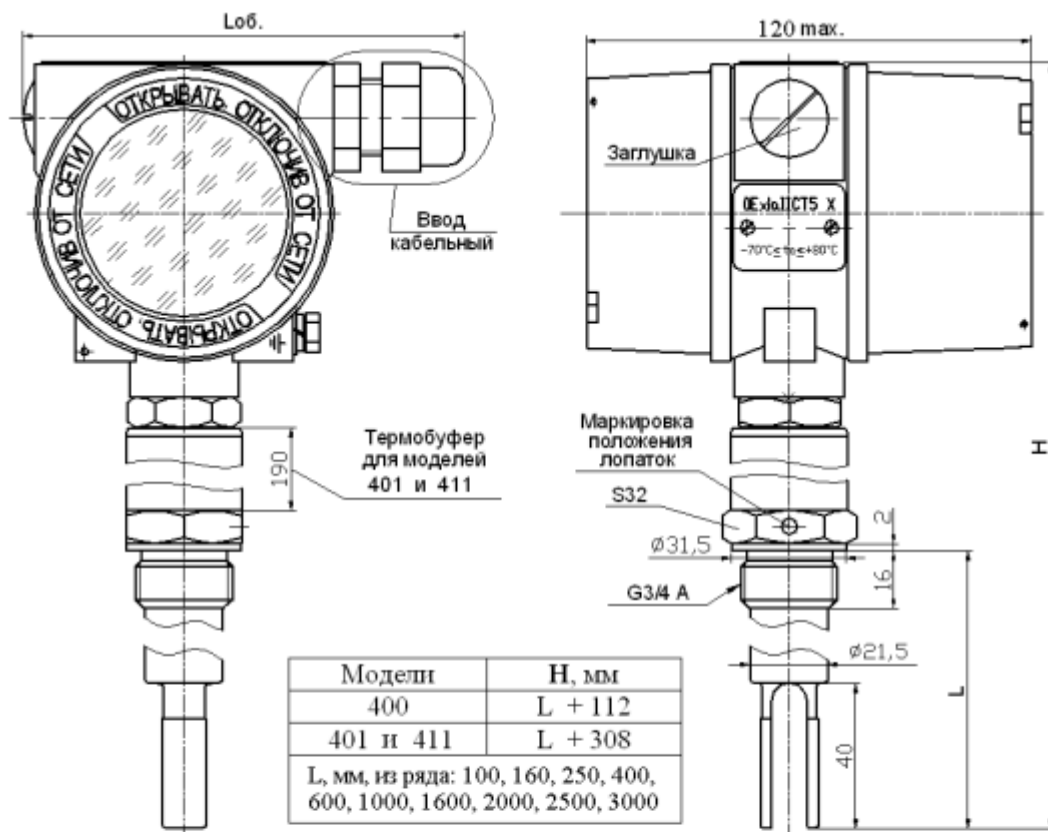
Електронний блок перетворює частоту з коригуванням за вимірюваною термоперетворювачем температурі вимірюваного середовища в цифровий або аналоговий вихідний сигнал, а також відображає на дисплеї чотиризначне значення густини кг/м<sup>3</sup>

Плата індикації та управління містить рідкокристалічний дисплей та кнопки, що дозволяють виконувати операції контролю, налаштування та

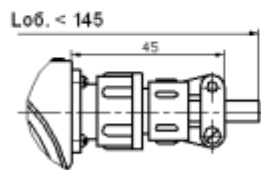
калібрування густиноміра. Для зниження впливу температури вимірюваного середовища на електроніку, первинні перетворювачі моделей 401 та 411 мають термобуфер. Для застосування в умовах періодичного зниження температури навколишнього повітря до мінус 70°C у моделі 411 передбачений автоматичний внутрішній підігрівач, що не допускає зниження температури всередині електронного блоку нижче мінус 30°C (при обов'язковому застосуванні зовнішньої термоізоляції). Корпус електронного блоку в залежності від виконання має 1 роз'єм або від 1 до 2 сальникових кабельних введень. Підключення зовнішніх електричних кіл здійснюється:

- для виконань із сальниковими вводами – затискачами на клемних колодках на монтажній платі;
- для виконання з роз'ємами – пайкою або затискачами на кабельній частині роз'ємів.

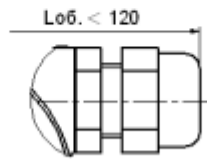
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



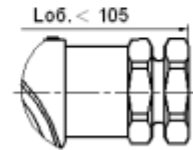
#### Вводы кабельные



Ввод Р1 кабель Ø8,5max.,  
Ввод Р2 кабель Ø10max.,  
Ввод Р3 кабель Ø12max.



Ввод С,  
кабель Ømax 12



Ввод С2 для 804-Вн  
кабель Ø5...10,5

Рис. 4.2 Габаритні розміри

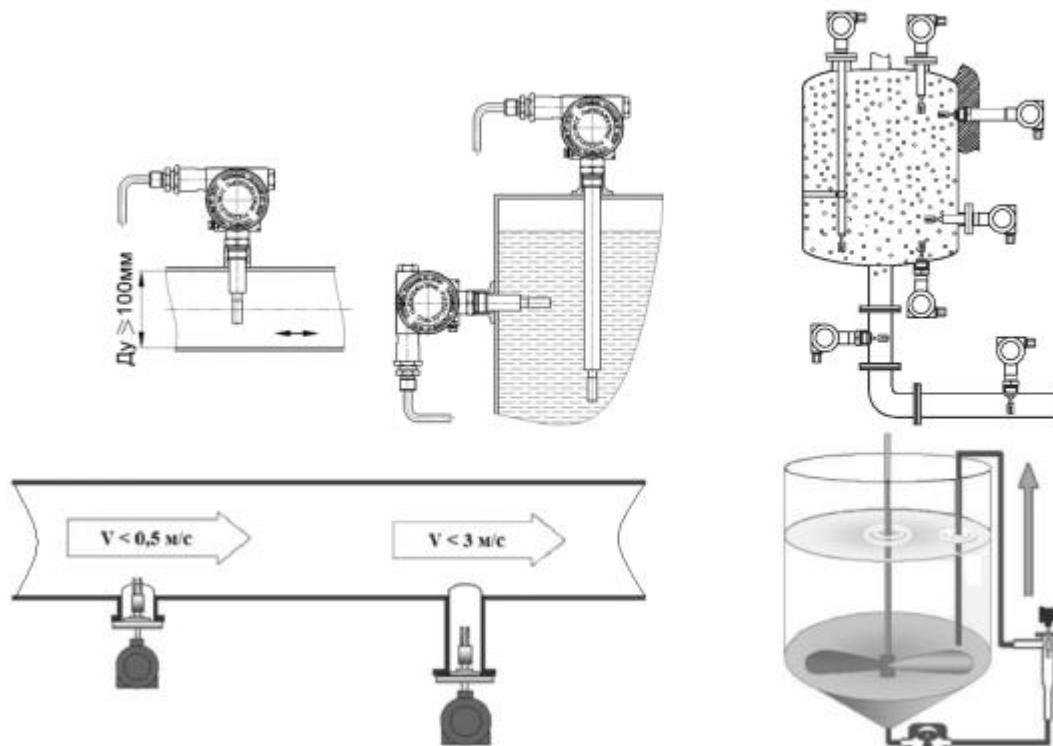


Рис. 4.3 Варіанти монтажу

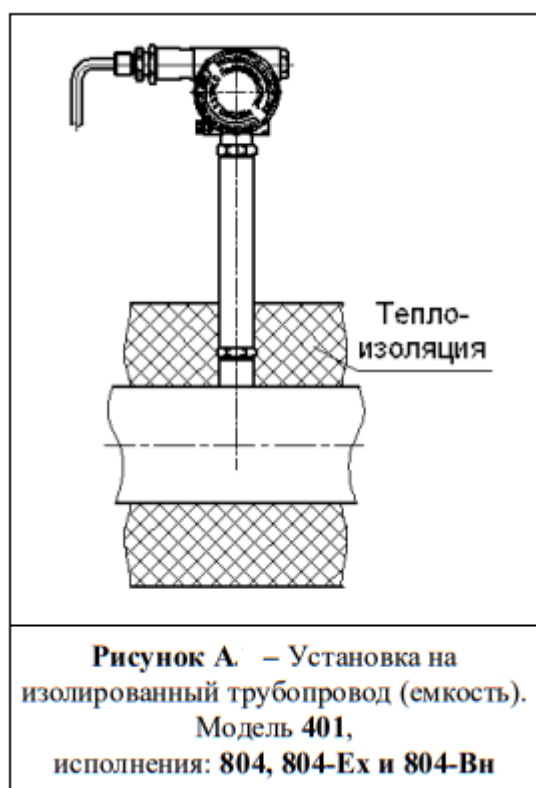
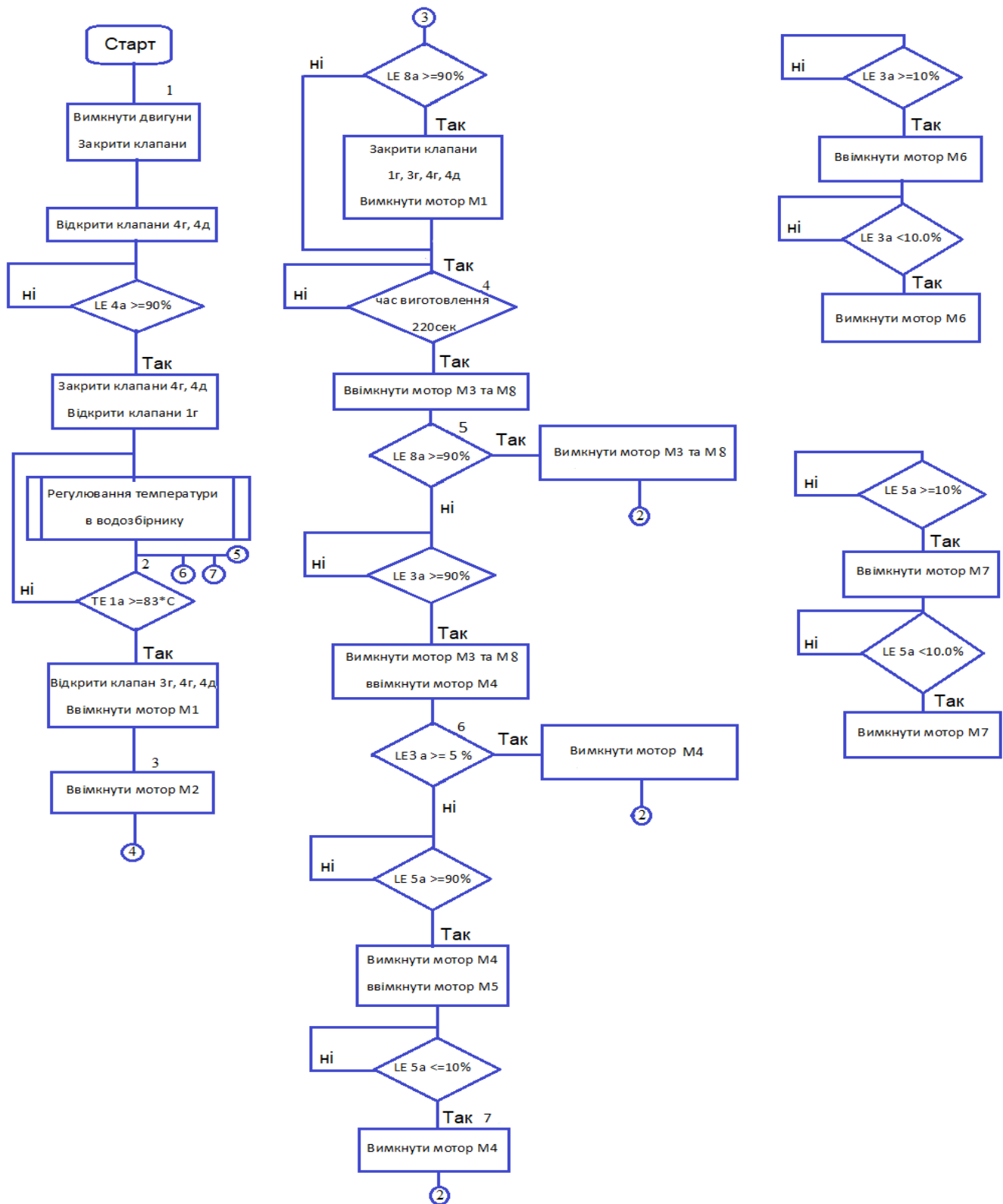


Рис. 4.4 монтаж на ізолюваний трубопровід

					Кваліфікаційна робота	Арк
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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



					<i>Кваліфікаційна робота</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва вапняного молока					
Розроб.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Лім.	Арк.	Аркуші
Керівник									99	7
Секретар								НУХТ АК-4-1		
Зав.кафедри										

Відповідно до алгоритму, що показаний вище, відбулося програмування ПЛК. В таблиці 5.1 наведено змінні, які використано під час написання програми для функціонування процесу приготування вапняного молока.

Таблиця 5.1. Змінні для ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
FE1	%IW0.2.2	витрата води
shaker	%Q0.4.10.0	Вібросито NS8
NS1	%Q0.4.3.0	двигун 1, піч
NS2	%Q0.4.4.0	двигун 2, мішалка
NS3	%Q0.4.5.0	двигун 3 в 1 мішалку
NS4	%Q0.4.6.0	двигун 4 в 2 мішалку
NS5	%Q0.4.7.0	двигун 5 з відділення
NS6	%Q0.4.8.0	двигун 6 в мішалці 1
NS7	%Q0.4.9.0	двигун 7 в мішалці 2
LVS1	%Q0.4.0.0	кл 1, вода змішана
LVS2	%QW0.2.4	кл 2, клапан пари
LVS3	%Q0.4.1.0	кл 3, вода холодна
LVS4	%Q0.4.2.0	кл 4, вода аміачна
LE_WV	%I0.1.1	Рівень води 90
LE1	%IW0.3.0	рівень в вапнг
LE2	%IW0.3.1	рівень в мішалці 1
LE3	%IW0.3.2	рівень в мішалці 2
LE_WN	%I0.1.2	Рівень води 10
SB_Start	%I0.1.0	старт
TE1	%IW0.2.3	темп в водозбірнику
DE1	%IW0.2.0	щільність в 1 мішалці
DE2	%IW0.2.1	щільність в 2 мішалці

Вказана далі програма, описує процес приготування вапняного молока. Вона написана на мові програмування ST (Structured Text) для ПЛК M340.

```
%M102:=%S5;  
%M103:=RE(%M102);
```

```
if LE3M>=10.0 then  
NS6M :=true;  
else if LE3M<10.0 then  
NS6M :=false;  
end_if; end_if;
```

```
if LE4M>=10.0 then  
NS7M :=true;  
else if LE4M<10.0 then  
NS7M :=false;  
end_if; end_if;
```

Case StepProg of

```
0:  
if SB_StartM then  
NS1M:=false;  
NS2M:=false;  
NS3M:=false;  
NS4M:=false;
```

```
NS5M:=false;
TC1_TRON:=true;
TM1_Start:=false;
LVS3M:=TRUE;
LVS4M:=TRUE;
LVS1M:=false;
LVS2M:=0.0;
StepProg:=1;
```

```
end_if;
```

```
1:
```

```
if LE_WVM then (збірник води 90%)
```

```
NS1M:=false;
NS2M:=false;
LVS3M:=false;
LVS4M:=false;
LVS2M:=100.0;
StepProg:=2;
```

```
end_if;
```

```
2: if TE1M>=83.0 then (темп. Води 83°C)
```

```
NS1M:=true;
NS2M:=true;
```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						102
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

```

LVS1M:=true;
LVS2M:=50.0;
LVS3M:=true;
LVS4M:=true;
NS3M:=false;
NS4M:=false;
NS5M:=false;
StepProg:=3;

end_if;

3:
if level1>=90.0 (рівень в вап.гас. ап. 90%)
LVS1M:=false;
LVS3M:=false;
LVS4M:=false;
NS1M:=false;
TM1_Start:=true;
TM1_TIME:=T#5s;
Stepprog:=4;
else
if level1>=10.0 then (набір порції молока за 220сек)
TM1_Start:=true;
TM1_TIME:=T#5s;
StepProg:=4;

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк</i>
						<i>103</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

end\_if; end\_if;

4:

if TM1.Q then (час набору закінчився)

TM1\_Start:=false;

NS3M:=true;

shakerM:=true;

NS3M:=TRUE;

StepProg:=5;

end\_if;

5:

if level1<=10.0 then (рівень в вап.гас. ап. 10%)

NS3M:=false;

shakerM:=false;

StepProg:=2;

else

if LE3M>=90.0 then (рівень в 1 мішалці 90%)

NS3M:=false;

shakerM:=false;

NS4M:=true;

StepProg:=6;

end\_if; end\_if;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						104
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

6:

if LE3M<=5.0 then (рівень в 1 мішалці 5%)

NS4M:=false;

StepProg:=2;

else

if LE4M>=90.0 then (рівень в 2 мішалці 90%)

NS4M:=false;

NS5M:=true;

StepProg:=7;

end\_if; end\_if;

7:

if LE4M<=10.0 then (рівень в 2 мішалці 10%)

NS5M:=false;

StepProg:=2;

end\_if;

END\_CASE;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк</i>
						<i>105</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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

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

Дисплейна мнемосхема процесу приготування вапняного молока розроблялася за допомогою програмного забезпечення Citect SCADA 2018. Змінні, що використані при розробці дисплейної мнемосхеми наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Змінні в Citect SCADA 2015.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
FE1	%IW0.2.2	0	10000	0	10000	INT
shaker	%Q0.4.10.0	0	1	0	1	EBOOL
NS1	%Q0.4.3.0	0	1	0	1	EBOOL
NS2	%Q0.4.4.0	0	1	0	1	EBOOL
NS3	%Q0.4.5.0	0	1	0	1	EBOOL
NS4	%Q0.4.6.0	0	1	0	1	EBOOL
NS5	%Q0.4.7.0	0	1	0	1	EBOOL
NS6	%Q0.4.8.0	0	1	0	1	EBOOL
NS7	%Q0.4.9.0	0	1	0	1	EBOOL
LVS1	%Q0.4.0.0	0	1	0	1	EBOOL
LVS2	%QW0.2.4	0	10000	0	100	INT
LVS3	%Q0.4.1.0	0	1	0	1	EBOOL
LVS4	%Q0.4.2.0	0	1	0	1	EBOOL
LE1	%IW0.3.0	0	10000	0	100	INT
LE2	%IW0.3.1	0	10000	0	100	INT
LE3	%IW0.3.2	0	10000	0	100	INT
TE1	%IW0.2.3	0	10000	0	100	INT
DE1	%IW0.2.0	0	10000	0	1,3	INT
DE2	%IW0.2.1	0	10000	0	1,3	INT
LE_WV	%I0.1.1	0	1	0	1	EBOOL
LE_WN	%I0.1.2	0	1	0	1	EBOOL

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зайцев Є.Ю..			Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва вапняного молока	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Киричук С.А..					106	5
Секретар		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-1		
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Дисплейна мнемосхема процесу приготування вапняного молока допомагає оператору контролювати проходження технологічного процесу, вести спостереження за зміною технологічних параметрів і за потреби корегувати управляючі дії, відносно клапанів, змішувачів та насосів. Дисплейна мнемосхема процесу приготування вапняного молока зображена на рис. 6.1.

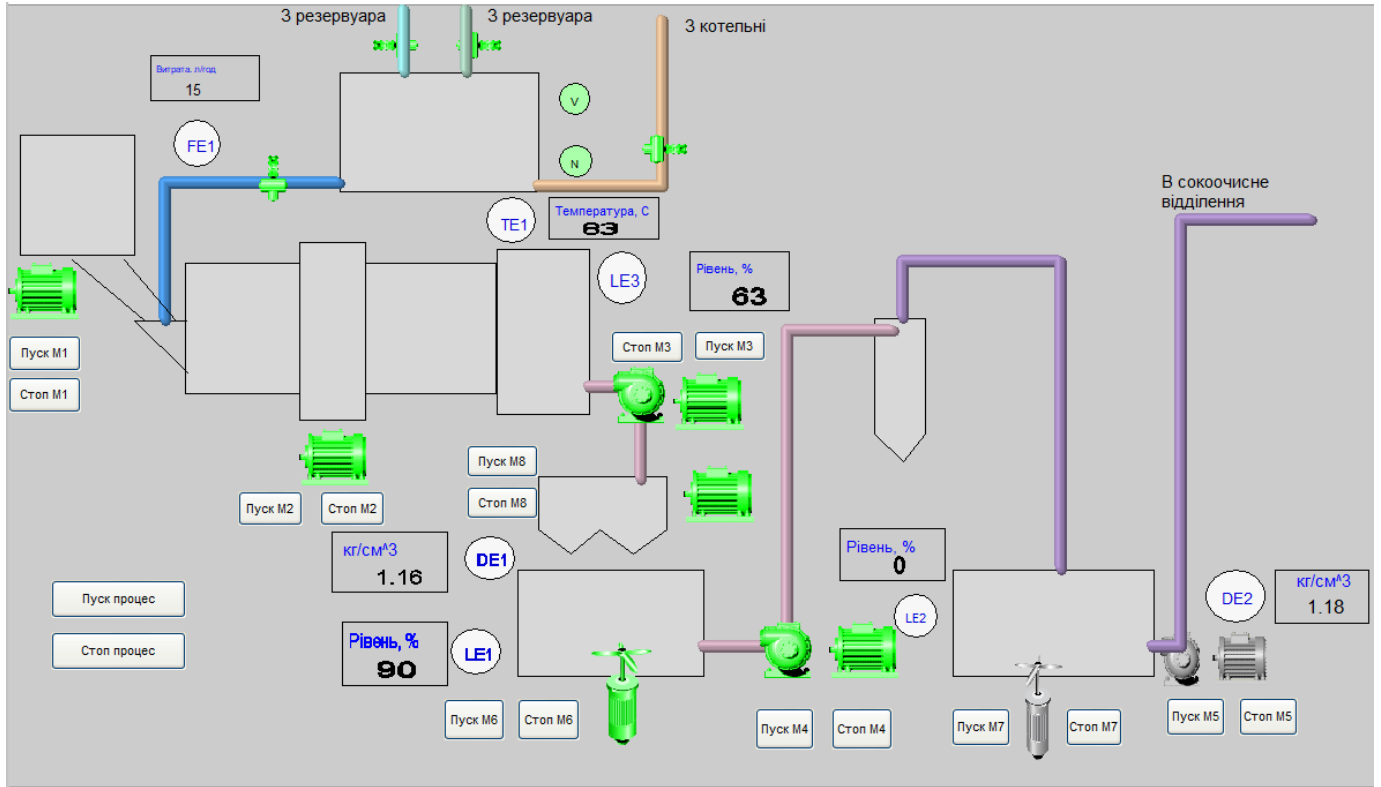


Рис. 6.1. Дисплейна мнемосхема процесу приготування вапняного молока

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк

107

## Висновок

В кваліфікаційній розглянуто та розроблено систему автоматизації процесу виробництва вапняного молока. При розробці системи автоматизації процесу виробництва вапняного молока задіяні технічні засоби автоматизації та промисловий логічний контролер (ПЛК).

З використанням програми Vijeo Citect 8, розроблена дисплейна мнемосхема для робочого місця оператора.

Використання новітніх технічних засобів автоматизації дозволило покращити якість вапняного молока та цим покращити процес дефекації дифузійного соку. Все це призводить до збільшення продуктивності виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						108
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 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.
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.

					Кваліфікаційна робота	Арк
						109
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

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

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

19. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.

20. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovovii Literatury, 2014.- 240 p.

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

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

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

24. 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.

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

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

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

28. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

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

29. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст]: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035-6

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

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

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

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

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

35. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості [Текст]: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

36. 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.

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

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