

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

**Факультет** Автоматизації і комп'ютерних систем  
**Кафедра** Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка

**«До захисту в ЕК»**

Декан факультету

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

«\_5\_» червня 2025р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

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

«\_5\_» червня 2025 р.

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

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

(код та назва спеціальності)

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

на тему: Розробка систем автоматизації виробничого процесу розливу напоїв

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

\_\_\_\_\_ Букиша Віталій Олегович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Мацебула Дмитро Валерійович \_\_\_\_\_  
(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 \_\_\_\_\_ Максим Пастушенко \_\_\_\_\_  
(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 – 2025 р.

**Національний університет харчових технологій**

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедри АКТСУ

Ім. проф. А.П. Ладанюка

Ярослав Смітюх

«28»квітня 2025р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Букаша Віталій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Розробка систем автоматизації виробничого процесу розливу напоїв

керівник роботи ст. викладач Мацебула Дмитро Валерійович

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

затверджена наказом по університету від «28» квітня 2025р. №254-кС

2. Строк подання здобувачем роботи «5» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації наведені в додатку до завдання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх необхідно 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. 2.4. Проектне компонування мікропроцесорного контролера. 3. Схеми підключення датчиків

*та ВМ до ПЛК. 3.1. Загальна схема підключення. 3.2. Розширені схеми підключення для окремих контурів. 4. Креслення встановлення технічних засобів. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

*1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Креслення встановлення технічних засобів.*

6. Дата видачі завдання 28 квітня 2025 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

<b>Пор. №</b>	<b>Назва етапів виконання проекту (роботи)</b>	<b>Термін виконання етапів проекту, (роботи)</b>	<b>Примітка</b>
1	<i>Видача та затвердження завдання</i>	<i>Перед переддипломною практикою</i>	
2	<i>Вибір технічних засобів вимірювання, ВМ та РО</i>	<i>1 тиждень</i>	
3	<i>Розробка схеми автоматизації</i>	<i>2 тиждень</i>	
4	<i>Розробка схеми встановлення технічного засобу</i>	<i>3 тиждень</i>	
5	<i>Компонування ПЛК, розробка схем підключення датчиків та ВМ до ПЛК</i>	<i>4 тиждень</i>	
6	<i>Вибір та аналіз реалізації алгоритму регулювання, розробка прикладного ПЗ для ПЛК</i>	<i>5 тиждень</i>	
7	<i>Розробка прикладного ПЗ для SCADA/HMI</i>	<i>6-7 тиждень</i>	

Студент Букиша В.О.

(підпис)

Керівник проекту Мацебула Д.В.

(підпис)

## Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації процесу розливу квасу.

В проекті розроблена документація на систему автоматизації, в склад якої входить: опис технологічного об'єкту управління, схема автоматизації, конфігураційна схема, принципові схеми управління і сигналізації.

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

В проекті 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 зроблений економічний розрахунок ефективності впровадження системи автоматизації, а також приведена оцінка рівня автоматизації технологічного процесу в цілому.

Ключові слова: кваліфікаційна робота, розлив квасу, система керування, Schneider Electric, Modicon M340, Vijeo Citect.

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

## Abstract

This qualification work is dedicated to the development of a system for automating the process of bottling kvass.

The project developed documentation automation system, the composition of which includes: a description of the process object management scheme automation, configuration diagram and schematic diagrams of control systems.

The software for the preparation division sour milk. The program is designed to unitu PRO software from Schneider Electric. Robotospromozhnist program was tested on a real controller.

The project detail the options for technological solutions of automation systems, as well as an analysis of the existing and the developed system. The comparative analysis of transients for different values of the parameters of the regulator. The work made economic calculation of efficiency of automation system implementation and assessment of shows automate the whole process.

Keywords: qualification work, kvass bottling, control system, Schneider Electric, Modicon M340, Vijeo Citect.

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

## Зміст

Вступ.....	7
1. Опис об'єкта автоматизації.....	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2 Розробка завдання на систему автоматизації.....	11
2. Система автоматизації.....	14
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	14
2.2. Схема автоматизації.....	37
2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації.....	40
ЭП-1211.....	42
2.4. Проектне компонування мікропроцесорних контролерів.....	43
3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	46
3.1. Загальна схема підключення.....	46
3.2. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	50
3.2.1 Схема автоматизації окремого контуру.....	50
3.2.2. Графічне зображення з'єднання між собою технічних засобів автоматизації.....	50
3.2.3 Принципова схема з'єднання між собою технічних засобів автоматизації.....	51
3.2.4 Опис схеми підключення.....	51
4. Креслення встановлення технічних засобів.....	56
5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). .....	61
6. Розробка людино-машинного інтерфейса оператора технолога.....	64
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	64
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	68
7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.....	72
7.1. Постановка задачі дослідження.....	72
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	72
7.3. Моделювання САР.....	73
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	80
Висновки.....	81
Бібліографічний список.....	82

## Вступ

Квас - традиційний слов'янський кислий напій, який готують на основі бродіння з борошна і солоду (пшеничного, ячмінного) або з сухого житнього хліба, іноді з додаванням пахучих трав, меду, вощини; також готується з буряка, фруктів, ягід.

У період між IX і XIV століттями слов'яни виготовляли алкогольний квас твореним (зварений), і слово «квасник» на мові того часу вживали у значенні «п'яниця». Лужиць. kwas «свято, весільний бенкет» і ст.-словацькою. kvas «бенкет, частування, гуляння» свідчать про те, що раніше квас був основним хмільним напоєм на святах і весіллях . За ГОСТом для промислового виготовлення - це напій з об'ємною часткою етилового спирту не більше 1,2%, виготовлений у результаті незавершеного спиртового та молочнокислого бродіння сусла.

Відповідно до класифікації організації Beer Judge Certification Program, що займається підготовкою та сертифікацією суддів для проведення певних дегустаційних змагань, квас є пивом, і відноситься до категорії «Пиво історичне, традиційне, місцеве» (historical, traditional or indigenous beers). У Росії, Білорусії і на Україні квас вважається самостійним (і національним) напоєм. Бутильований квас, приготований шляхом бродіння, часто газують.

Сорти квасу:

- хлібний
- окрошечний;
- фруктовий;
- ягідний;
- молочний;
- медовий.

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

Існують різноманітні фруктові і ягідні сорти квасу: грушевий, журавлинний, вишневий, лимонний та інші. Кваси цього роду представляють або звичайні хлібні кваси, присмачені соком або варенням із згаданих ягід і фруктів, або ж їх готують безпосередньо з соку ягід, без додавання хліба чи борошна.

Зараз промислово випускається також безліч синтетичних сурогатів квасу (так званих «квасних напоїв»). Як правило, вони складаються з газованої (розчину вуглекислого газу), підсолоджувачів, ароматизатора - імітатора смаку квасу, і продаються в пластикових пляшках.

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

# 1. Опис об'єкта автоматизації

## 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Автоматизована система контролю та регулювання процесу виробництва квасу (див. рис. 1) була розроблена інститутом «Гіпросахар» спеціально для Ташкентського пивобезалкогольного комбінату. Для зберігання хлібного екстракту, який використовується при виготовленні хлібного та московського квасу, передбачена ємність /, в яку екстракт подається насосом 11. Коли рівень екстракту досягає максимальної позначки, датчик верхнього рівня 2 активує відключення електродвигуна 3 насоса. Далі екстракт з ємності / перекачується насосом III у цистерну IV, а при досягненні в ній верхнього рівня датчик 5 вимикає насос з електродвигуном 6.

Цукровий сироп надходить із холодильника безпосередньо до цистерни V, де його об'єм контролюється датчиком 7. З цистерни IV екстракт направляється у збірник VI для розведення теплою водою. Температура рідини у збірнику вимірюється датчиком 17 і підтримується регулятором температури за допомогою змішувального клапана 18, що керує подачею гарячої та холодної води. Рівень суслу у збірнику контролює датчик верхнього рівня 8. Потім насос VII перекачує квасне сусло зі збірника VI до бродильного чана VIII. Одночасно насос IX подає частину цукрового сиропу з цистерни V, а насос X доставляє комбіновану закваску з резервуара XI, максимальний рівень якої контролюється датчиком 12. Для контролю витрат компонентів на виході насосів використовується індукційний витратомір 28.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Букша В.О.			Розробка систем автоматизації виробничого процесу розливу напоїв	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мацебула Д.В.					9	5
Секретар		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-1			
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

У бродильному чані VIII відбувається процес ферментації. Температура бродіння автоматично контролюється датчиком 13 і регулюється через зміну кількості розсолу, що проходить через клапан 14. Верхній рівень суслу в чані слідкує датчик 9. Після бродіння сусло насосом XII подається на охолодження через холодильник XIII, де температура контролюється датчиком 15 і підтримується регулятором за допомогою регулюючого клапана 16, що змінює потік охолоджуючого розсолу. Охоложене сусло збирається в чан XIV для купажування, куди додається решта цукрового сиропу з цистерни V. Об'єм сиропу контролюється шестеренним лічильником рідини і рівнем, що сигналізується датчиком 10. Аналогічний лічильник встановлений біля бродильного чана для контролю сиропу, що використовується для бродіння. Дозування сиропу для купажування розраховується на основі вмісту сухих речовин у суслі та сиропі. Готовий квас при відпуску має відповідати рецептурним нормам за кількістю сухих речовин. Загальний облік готової продукції здійснюється індукційним витратоміром 29.

Для виготовлення московського квасу призначений спеціальний купажний чан XV, куди подаються розведене сусло, цукровий сироп, кислота та колер. Об'єм сиропу вимірюється шестеренним лічильником, верхній рівень — датчиком 11, температура — технічним термометром. Готовий продукт охолоджується в холодильнику XVI, температура в якому контролюється датчиком 26 і регулюється клапаном 27 за потоком охолоджуючого розсолу. Потік квасу в напірний резервуар XVII контролюється витратоміром 30, а рівень — датчиком 24. З резервуара московський квас подається на дозувальне обладнання. Після насосів наявність потоку контролюють манометри 1, 4, 19, 20, 21, 22, 23, 25.

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

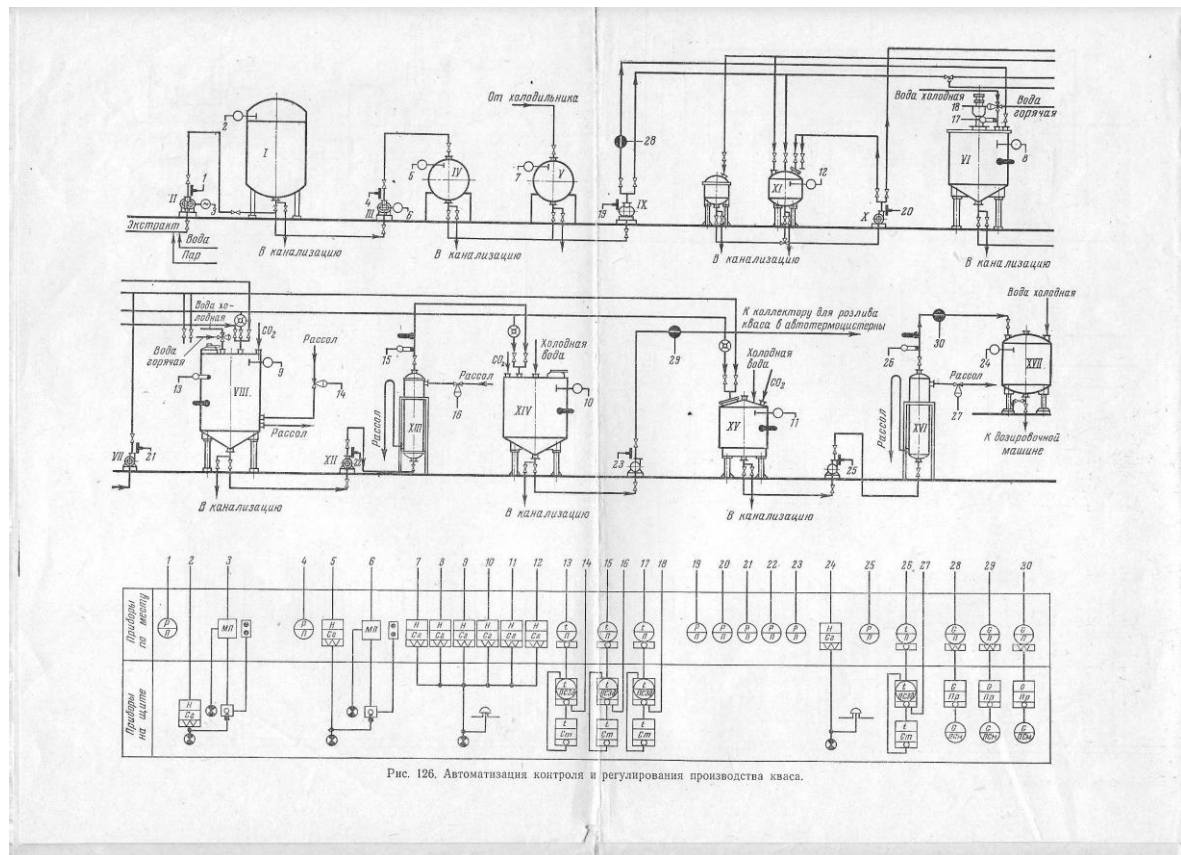


Рис. 126. Автоматизация контроля и регулирования производства кваса.

Рис.1 Технологічна схема виробництва квасу.

## 1.2 Розробка завдання на систему 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
	Цистерна екстракту	Рівень в	85 % ± 2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив двигун насосу	
2	Збірник хлібного екстракту	Рівень в	85 % ± 2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив двигун насосу	
3	Цистерна сиропу	Рівень в	85 %	Контроль	Відображення	АРМ оператора	

Арк

Кваліфікаційна робота

11

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

№	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
			$\pm 2\%$		Реєстрація	Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив двигун насосу	
4	Резервуар комбінованої закваски	Рівень в	85 % $\pm 2\%$	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
5	Збірник для розведення теплою водою	Рівень в	85 % $\pm 2\%$	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
		Температура води що подається апарат	35 С $\pm 3\text{ С}$	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі гар. води	
		Витрата хлібного екстракту	100 л/год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі	
6	Бродильний чан	Рівень в	85 % $\pm 2\%$	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
		Температура в апараті	7 С $\pm 3\text{ С}$	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі розсолу	
		Витрата квасного суслу	100 л/год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк

12

№	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
		Витрата сахарного сиропу	100 л/год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі	
		Витрата комбінованої закваски	100 л/год	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі	

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

## 2. Система автоматизації

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

#### Температура

У сфері промислової термометрії застосовують два основні методи визначення температури:

- **Контактний метод**, який передбачає безпосередній фізичний контакт первинного вимірювального перетворювача з об'єктом або середовищем, температуру якого потрібно виміряти.
- **Безконтактний метод**, реалізований у пірометрах. У цьому випадку температура визначається на основі аналізу теплового електромагнітного випромінювання, що виходить від нагрітих об'єктів.

Відповідно до цих методів, термометри класифікують на:

#### Контактні термометри:

##### 1. Розширювальні термометри:

- **Рідинні скляні** – використовуються в діапазоні температур від – 200 до +600 °С.
- **Дилатометричні та біметалеві** – здатні працювати в межах від – 150 до +700 °С. Їх принцип роботи ґрунтується на зміні об'єму рідини або лінійних розмірів твердих матеріалів у відповідь на зміну температури

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Букша В.О.			Розробка систем автоматизації виробничого процесу розливу напоїв	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мацебула Д.В.					14	32
Секретар		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-1			
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

## 2. Манометричні термометри:

- Функціонують у широкому діапазоні температур від  $-200$  до  $+1000$  °С.

В основі їхньої роботи — залежність тиску газу, рідини або пари в герметичному об'ємі від температури.

## 3. Термометри опору:

- Використовують зміну електричного опору матеріалів залежно від температури. Поділяються на:
  - **Металеві термометри опору** – діапазон вимірювання від  $-260$  до  $+1100$  °С.
  - **Напівпровідникові термометри опору** – працюють у межах від  $-275$  до  $+600$  °С.

Безконтактне вимірювання температури здійснюється за допомогою **пірометрів**, які класифікуються за принципом дії:

1. **Квазімонохроматичні пірометри** – працюють у високотемпературному діапазоні від  $700$  до  $10000$  °С.
2. **Пірометри спектрального відношення** – функціонують у межах температур від  $300$  до  $2800$  °С.
3. **Пірометри повного теплового випромінювання** – охоплюють широкий діапазон: від  $-50$  до  $3500$  °С.

Принцип роботи пірометричних пристроїв полягає у визначенні температури на основі інтенсивності теплового електромагнітного випромінювання, яке виникає при нагріванні тіла. Це випромінювання може оцінюватися як за його спектральною яскравістю, так і за сумарною потужністю.

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

## Аналіз методів температурного контролю для застосування в проєкті

### Скляні рідинні термометри

#### Принцип дії:

Робота таких термометрів базується на відмінностях у коефіцієнтах об'ємного розширення робочої рідини та матеріалу корпусу. Зі зміною температури рідина в капілярі піднімається або опускається, візуально демонструючи значення температури.

#### Переваги:

- Проста конструкція.
- Доступна вартість.
- Прийнятна точність для побутових і деяких лабораторних застосувань.

#### Недоліки:

- Відсутність можливості дистанційної передачі сигналу.
- Висока теплова інерційність.
- Складність у зчитуванні показів.
- Низька механічна міцність.

#### Висновок:

Через неможливість передачі показів у вигляді уніфікованого сигналу (наприклад, 4–20 мА), ці термометри не придатні для автоматизованих або технологічних систем контролю температури. **Метод не рекомендований до використання в проєкті.**

---

### Манометричні термометри

#### Принцип

дії:

Температурні зміни викликають зміну тиску або об'єму робочого середовища (газу, рідини або пари) в герметичній системі, що передається на чутливий

					Кваліфікаційна робота	Арк
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елемент, викликаючи механічне відхилення стрілки або даючи змогу дистанційної індикації.

#### **Переваги:**

- Можливість дистанційного зчитування і запису показів.
- Простота та надійність конструкції.
- Придатність для роботи у вибухо- та пожежонебезпечних зонах.

#### **Недоліки:**

- Відносно низький клас точності (1–2,5).
- Ризик розгерметизації системи.
- Обмежена довжина дистанційної передачі.
- Великі габарити термобалона у деяких конструкціях.
- Складність технічного обслуговування.

#### **Висновок:**

Незважаючи на переваги, манометричні термометри не забезпечують необхідного рівня точності та надійності в складних виробничих умовах.

**Метод не підходить для використання в проєкті.**

### **Термоелектричні термометри (термопари)**

#### **Принцип**

**дії:**

У замкнутому контурі, утвореному з двох різнорідних металів, при різниці температур між спаями виникає термоелектрорушійна сила (ТЕРС), значення якої пропорційне температурі.

#### **Переваги:**

- Широкий діапазон вимірювань: від  $-250$  до  $+2500$  °С.
- Простота конструкції, надійність, відносно невисока вартість.
- Можливість підключення до електронних систем обробки та регулювання.

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

- Компактність.

### Недоліки:

- Для високої точності (до  $\pm 0,01$  °C) потрібна індивідуальна градування.
- Необхідність температурної компенсації для «холодного» спаю.
- Нелінійна залежність ТЕРС від температури ускладнює обробку сигналу.
- Уразливість до механічних пошкоджень, корозії та термоелектричної неоднорідності.
- Ймовірність виникнення електромагнітних перешкод при великій довжині проводів (ефект антени).
- Необхідність екранування кабелю в промислових умовах.

### Висновок:

Незважаючи на певні технічні обмеження, **термопари можуть бути використані в проєкті** — як основний або резервний метод температурного контролю. Вони особливо ефективні там, де потрібен широкий діапазон температур і можливість автоматизованого зчитування.

### Термометри опору

#### Принцип дії

Термометри опору працюють на основі властивості металів та напівпровідників змінювати свій електричний опір RRR зі зміною температури. Ця залежність дозволяє точно визначати температуру середовища, в якому знаходиться чутливий елемент термометра.

#### Переваги:

- Висока точність вимірювання (зазвичай до  $\pm 0,1$  °C).
- Надійність, особливо при використанні чотирипровідної схеми підключення.
- Простота конструкції та монтажу.

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

- Добра стабільність у часі та стійкість до впливу агресивних середовищ.

**Недоліки:**

- Обмежений температурний діапазон у порівнянні з термопарами.
- Неможливість використання при дуже високих температурах (вище +600...+850 °C — залежно від типу сенсора).

**Висновок:**

Висока точність, надійність, сумісність з автоматизованими системами і стійкість до впливу зовнішніх чинників роблять термометри опору **найбільш доцільним вибором для реалізації вимірювань температури в рамках даного проєкту.**

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

У якості інтелектуального первинного вимірювального перетворювача сучасного покоління доцільно обрати **SITRANS TK-H** від Siemens. Це універсальний пристрій з підтримкою HART-протоколу, який забезпечує точне вимірювання температури з інтеграцією в середовище автоматизації.

**SITRANS TK-H – Характеристики та функціональні можливості**

- **Тип сигналу:** Струмова петля 4–20 мА.
- **Комунікація:** Протокол HART (версія 5.x).
- **Типи підключення:** Підтримка термометрів опору (Pt100 тощо), термопар, потенціометричних сенсорів та напруги.
- **Монтаж:** Компактна конструкція для встановлення в термоголовки типу В (DIN 43729).

- **Галузь застосування:** Придатний для роботи в небезпечних зонах (вибухозахист: «Non-incendive» — зона 2, «Іскробезпека» — зона 1).
- **Інструменти параметрування:** SIMATIC PDM або HART-комунікатор.

---

## Принцип роботи SITRANS ТК-Н

1. **Прийом сигналу:** Вимірювальний сигнал (від двох-, трьох- або чотирьопровідного термометра опору чи термопари) надходить на вхідний каскад, де підсилюється.
2. **Оцифрування:** Вхідна величина перетворюється в цифрову форму через аналогово-цифровий перетворювач.
3. **Обробка:** Через гальванічне розділення сигнал надходить до мікропроцесора, де здійснюється обчислення температури з урахуванням характеристики сенсора, температури холодного спаю, фільтрації тощо.
4. **Вихідний сигнал:** Результат перетворюється в аналоговий струм 4–20 мА через цифрово-аналоговий перетворювач.
5. **Конфігурація:** Параметрування відбувається через ПК з HART-модемом або ручний комунікатор. Обмін даними здійснюється через FSK (частотну модуляцію сигналу на струмі).

---

Цей перетворювач забезпечує **високу точність, стабільність, гнучкість налаштувань** та підтримує інтеграцію в системи автоматизації на базі **TIA (Totally Integrated Automation)**, що робить його ідеальним рішенням для технологічних процесів із підвищеними вимогами до надійності й керованості.

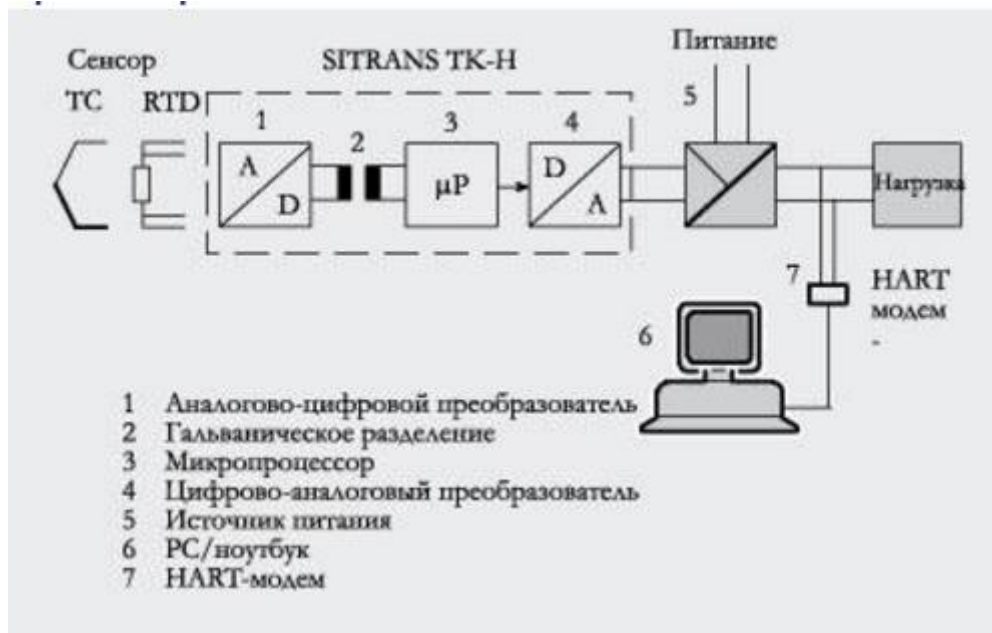


Рис. 2.1 Принципова схема перетворювача температури SITRANS TK-H

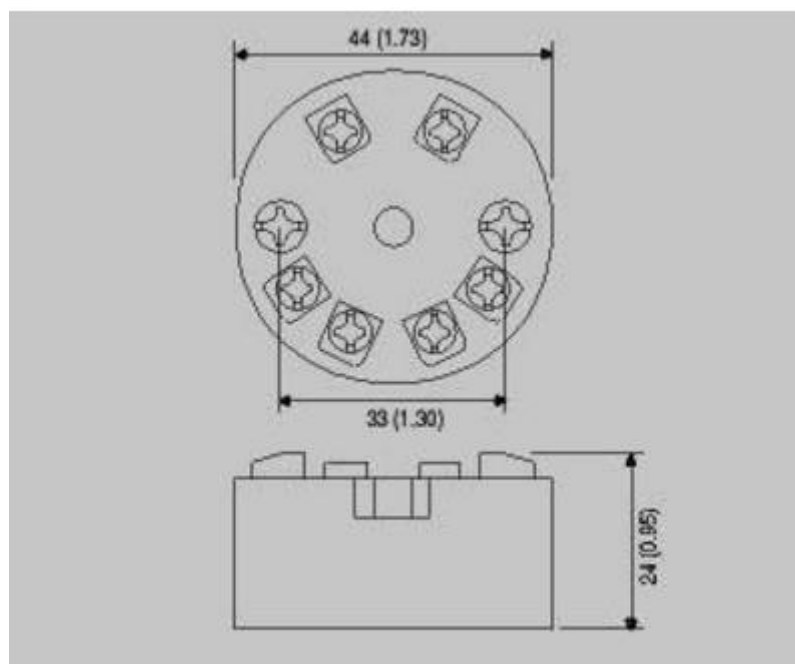


Рис.2.2 Зовнішній вигляд перетворювача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Рівень

### Класифікація та аналіз приладів для вимірювання рівня

Прилади для контролю рівня поділяють на дві основні категорії:

- **Рівнеміри** — забезпечують **неперервний контроль** за висотою заповнення резервуару у будь-який момент часу.
- **Сигналізатори рівня** — фіксують **досягнення конкретного (граничного) рівня**, подаючи дискретний сигнал при цьому.

У багатьох випадках сучасні рівнеміри мають додаткову сигнальну функцію, тобто можуть виконувати роль сигналізаторів.

### Класифікація приладів рівня за основними ознаками:

- **За видом контрольованої речовини:**
  - Прилади для вимірювання рівня **рідини**;
  - Прилади для контролю рівня **сипких матеріалів**.
- **За принципом дії:**
  1. Вказівні скляні рівнеміри (засновані на законі сполучених посудин);
  2. Поплавкові та буйкові;
  3. Гідростатичні;
  4. Ємнісні;
  5. Акустичні (зокрема ультразвукові);
  6. Індуктивні;
  7. Радарні (мікрохвильові);
  8. Радіоактивні;
  9. Електроконтактні.
- **За способом зчитування показів:**

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

- Прилади з **безпосереднім відліком**;
- З **електричною** або **пневматичною передачею** показів.
- **За типом резервуару:**
  - Для **відкритих** або **герметичних ємностей** (під тиском).

## Оцінка методів для використання в проєкті

### Поплавкові та буйкові рівнеміри

#### Принцип роботи:

Поплавкові рівнеміри базуються на прямій залежності положення поплавка від рівня рідини. Поплавок, знаходячись на поверхні, переміщується разом із коливаннями рівня. Положення фіксується за допомогою механічного або гнучкого з'єднання. Буйкові рівнеміри працюють на основі закону Архімеда, де величина виштовхувальної сили залежить від занурення буя в рідину.

#### Переваги:

- Проста конструкція;
- Надійність у стандартних умовах;
- Достатня точність;
- Придатність до агресивних або в'язких рідин;
- Можливість застосування у великих резервуарах.

#### Недоліки:

- Висока металоємність;
- Схильність до похибок при зміні густини середовища;
- Механічна інерційність та низька надійність у складних середовищах;
- Неможливість використання для кристалізуючих або в'язких речовин.

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

### **Висновок:**

Через особливості середовища (затор — липка та густувата речовина) використання поплавкових та буйкових рівнемірів є **недоцільним у рамках цього проєкту.**

---

## **Ємнісні рівнеміри**

### **Принцип роботи:**

Ємнісні рівнеміри функціонують за рахунок зміни електричної ємності, яка виникає між електродами, зануреними в контрольоване середовище. Ємність змінюється відповідно до рівня заповнення резервуару. Вимірюваний рівень визначається на основі різниці діелектричної проникності між рідиною та повітрям (або парою).

### **Конструкція ПВП:**

Первинний вимірювальний перетворювач ємнісного типу зазвичай виконаний у вигляді одного або кількох електродів — циліндричних чи пластинчастих, що розміщуються у вертикальному положенні в резервуарі.

### **Переваги:**

- Висока чутливість і точність;
- Відсутність рухомих частин (менше зношування);
- Підходять для контролю як рідин, так і сипких матеріалів;
- Можливість дистанційної передачі сигналу;
- Придатність для агресивних, в'язких, кристалізуючих середовищ.

### **Недоліки:**

- Залежність показників від вологості та складу середовища (для сипких матеріалів);
- Необхідність періодичного калібрування.

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

### Висновок:

Ємнісні рівнеміри, завдяки високій точності, стабільності показів, простоті інтеграції з автоматизованими системами та придатності для агресивних і складних середовищ, є найкращим вибором для реалізації в даному курсовому проєкті.

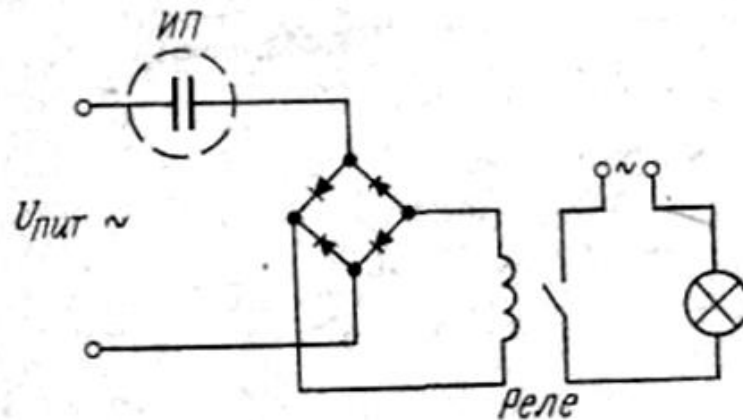


Рис.2.3. Принципова електрична схема кондуктометричного сигналізатора рівня

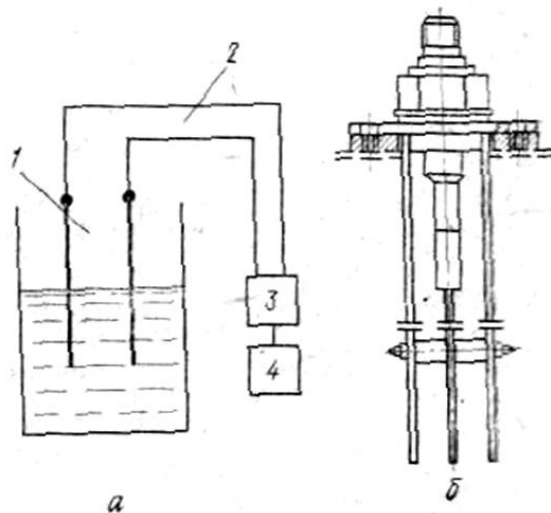


Рис. 2.4. Структурна схема (а) і вимірювальний перетворювач (плстинчатий) ємнісного рівнеміра (б)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Тиск

### 1. Класифікація манометрів за принципом дії

Манометри поділяють на **дві основні групи** залежно від принципу дії:

#### 1.1. Манометри з урівноваженням тиску відомими силами

Ці прилади реалізують принцип прямої компенсації вимірюваного тиску шляхом його зрівноваження:

- **Рідинні манометри** — базуються на гідростатичному принципі:
  - U-подібні (двохтрубні);
  - однострубні (чашкові);
  - ртутні барометри;
  - компенсаційні;
  - укорочені;
  - багатотрубні;
  - компресійні.
- **Деформаційні (пружинні)** — вимірювання базується на пружній деформації чутливого елемента:
  - трубчасті пружини;
  - мембрани (плоскі, гофровані);
  - мембранні коробки;
  - сильфони.
- **Вагопоршньові манометри** — компенсація тиску відбувається через вагу поршня:
  - з простим, диференційним або зрівноваженим поршнем;
  - із поршневим мультиплікатором тиску.

## 1.2. Манометри з вимірюванням тиску за зміною фізичних властивостей

Ця група приладів вимірює тиск через його вплив на фізичні параметри матеріалів або середовищ:

- **Електричні манометри:**
  - **тензометричні** — засновані на тензоефекті (зміна електричного опору через деформацію);
  - **п'єзоелектричні** — формують електричний заряд при механічному навантаженні;
  - **ємнісні** — змінюється ємність через зміну відстані між обкладинками конденсатора.
- **Спеціального призначення:**
  - теплові, оптичні, акустичні, іонізаційні вакуумметри.

---

## 2. Вибір приладу для вимірювання тиску

Для даного проекту обрано **п'єзорезистивний манометр SITRANS P Compact ZD**. У ньому чутливим елементом є **тензоперетворювач**, який змінює опір у відповідь на деформацію мембрани під дією тиску. Отриманий сигнал перетворюється у **стандартний уніфікований струмовий сигнал 4–20 мА**.

### Переваги вибраного манометра:

- Висока точність;
- Надійність у промислових умовах;
- Захист від агресивного середовища (гігієнічна конструкція);
- Можливість роботи при температурі до +200 °С;
- Вибухозахист по АТЕХ.

### Недолік:

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

- Відносно висока вартість.

### **Технічні характеристики SITRANS P Compact ZD:**

- Діапазон вимірювань: від 160 mbar до 40 bar;
- Лінійна похибка:  $< \pm 0.2 \%$ ;
- Корпус: нержавіюча сталь, клас захисту IP65/IP67;
- Робоча температура: до  $+200 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Вихідний сигнал: 4–20 mA;
- Електрополіровка та зварна конструкція згідно стандартів FDA, EHEDG.

## **3. Вибір інших засобів вимірювання у проєкті**

### **3.1. Вимірювання температури**

Обрано **термометри опору**, принцип дії яких заснований на зміні електричного опору провідника в залежності від температури. Використовується **температурний коефіцієнт опору (ТКО)**.

Переваги:

- Висока точність (до  $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- Простота конструкції та монтажу;
- Стійкість до агресивних середовищ.

### **3.2. Вимірювання рівня**

Для вимірювання рівня застосовано **гідростатичний рівнемір**, який розраховує рівень за формулою:

$$H = \frac{P}{\rho g}$$

де:

- $H$  — висота стовпа рідини;
- $P$  — вимірюваний тиск;

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

- $\rho$  — густина рідини;
- $g$  — прискорення вільного падіння.

Гідростатичний метод дозволяє точно визначати рівень у як у відкритих, так і закритих резервуарах.

### 3.3. Вимірювання витрати

Використовується **електромагнітний витратомір**, який працює за законом Фарадея: у струмопровідному середовищі, що рухається в магнітному полі, індукується напруга, пропорційна швидкості потоку.

Переваги:

- Висока точність;
- Відсутність рухомих частин;
- Можливість вимірювання агресивних та в'язких рідин.

### 4. Загальні висновки щодо вибору приладів

Вибір технічних засобів вимірювання (ВМ) та регулюючих органів (РО) здійснюється **в ієрархічному порядку** — спочатку для всієї системи, потім для кожного контрольованого параметра окремо. Основними критеріями є:

- Відповідність умовам процесу;
- Точність і надійність;
- Стійкість до середовища;
- Сумісність з автоматизованою системою керування.

Обрані прилади забезпечують **неперервний контроль, передачу уніфікованих сигналів, стійкість до зовнішніх впливів і відповідають гігієнічним та технічним нормам**, що робить їх оптимальними для автоматизації об'єкта в рамках курсового проєкту.

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

## Загальна структурна схема та конструкція перетворювача

### Sitrans P серії Z фірми Siemens

Перетворювачі **Sitrans P** серії **Z** набули найбільше поширення для вимірювання гідростатичного тиску в рівнемірах, а також призначений для вимірювання надлишкового тиску нейтральних середовищ (газу, пари, рідини). Вони використовуються у хімічній, фармацевтичній та харчовій промисловостях, у водопостачанні, при вимірюванні тиску стиснутого повітря в компресорах, яке вміщує пари мастила, і здійснюють аналогове пропорційне перетворення вимірюваного тиску в уніфікований вихідний сигнал постійного струму, який використовується в якості вхідного у вторинних приладах.

### Конструкція і робота Sitrans P серії Z.

Конструктивно **Sitrans P** серії **Z** виконані в циліндричному корпусі, у верхній частині якого розташований електричний рознім для приєднання зовнішніх електричних кіл.

У нижній частині перетворювачів, розташований різьбовий штуцер із шестигранним уступом «під ключ» для приєднання перетворювача до магістралі вимірюваного тиску. У центрі штуцера є отвір для підведення вимірюваного середовища до тензодатчику, герметично вбудованого в штуцер. Загальний вигляд та варіант під'єднання Sitrans P серії Z до вимірюваного тиску показано на рис.2.8.

Перетворювач (рис.2.7,б) вміщує вбудований інтегральний тензомодуль, який складається із тонкоплівкової п'єзорезисторної мостової вимірювальної комірки з керамічної мембрани та електронної плати, що встановлені у корпус із нержавіючої сталі. Вимірюваний тиск подається на тензомодуль через розподільчу мембрану (96% складається із  $Al_2O_3$ ) та силіконове мастило. Вихідна напруга вимірювальної діагоналі мостової схеми надходить на підсилювач та вихідний каскад перетворювача напруги у струм

					Кваліфікаційна робота	Арк
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

УЛ, де перетворюється у вихідний уніфікований сигнал по струму 4-20 мА .  
Останній поєднується із струмом живлення за схемою в два проводи.

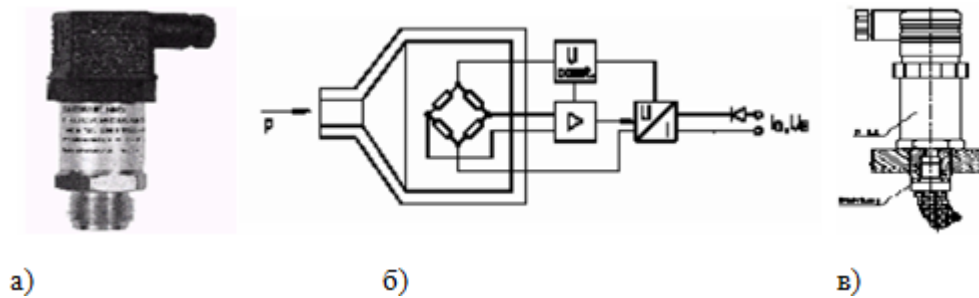


Рис.2.7. Загальний вигляд а), структурна схема б) та варіант під'єднання  
**Sitrans P** серії **Z** до вимірюваного тиску.

Напруга живлення **Sitrans P** серії **Z** - від 10 до 36 В постійного струму подається через діоди, які захищають ПВП від не вірного вмикання за полярністю та надто великої напруги живлення.

#### Основні технічні та метрологічні характеристики **Sitrans P ZD** та **Z**:

1. Діапаз. вимірюван. (бар)    Поріг чутлив. (мбар)    Межа перевантаження (бар)

0.....2	0,6	5
0.....10	3	25
0.....50	15	120
0.....200	60	500
0.....400	120	600

2. Напруга живлення: постійного струму в межах від +12 В до +30 В.

3. Загальна приведена похибка  $\gamma_{пр}$  –  $\leq 0,25\%$  від діапазону вимірювання.

4. Дрейфова похибка -  $\leq 0,25\%$  за рік від діапазону вимірювання.

5. Вплив зовнішньої температури -  $\leq 0,25\%$  на кожні 10°C від  $\gamma_{пр}$ .

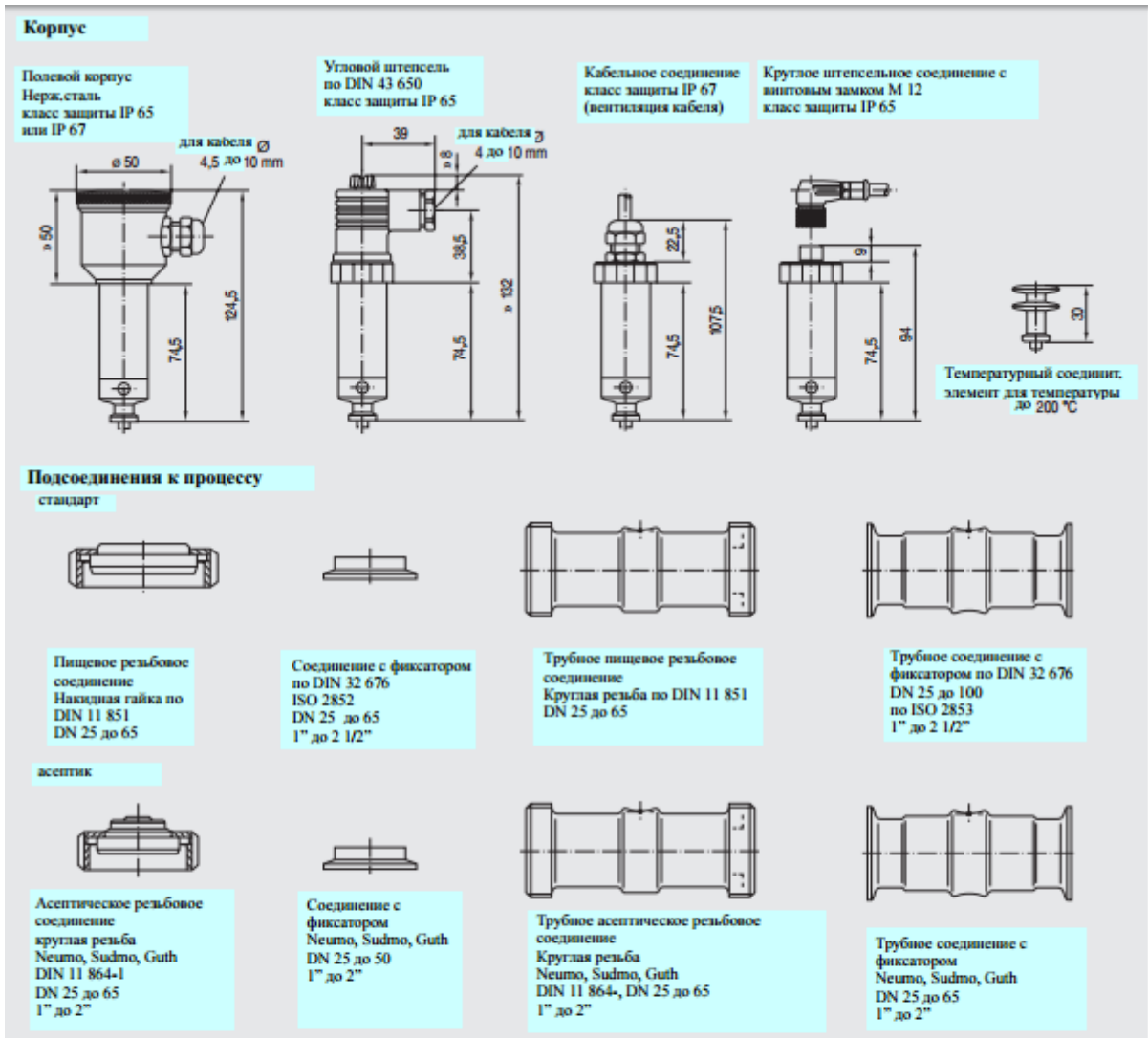


Рис 1/72 Размеры

**Схема соединения**

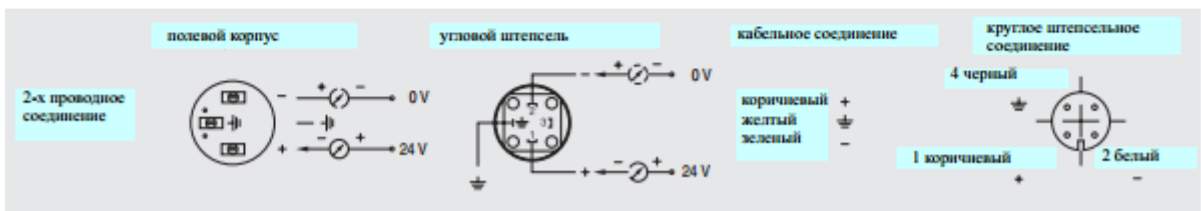


Рис 1/73 Схема соединения

Рис.2.8 Зовнішній вигляд та монтаж Sitrans P ZD

**Витрата**

**Аналіз методів вимірювання витрати для застосування у проєкті**

**Тахометричні лічильники**

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

За принципом роботи тахометричні лічильники поділяються на два типи — швидкісні та об'ємні. У швидкісних моделях рідина проходить через камеру, змушуючи обертатися вертушку, швидкість обертання якої прямо пропорційна швидкості потоку. Ці прилади часто використовують для обліку витрати холодної або гарячої води.

**Переваги:**

- Простота конструкції.
- Здатність вимірювати рідини, що містять домішки твердих часток.

**Недоліки:**

- Наявність коливань у рухомих частинах, які можуть призводити до ударів об стінки камери.
- Складність точного перетворення обертання у стабільний електричний сигнал.

**Висновок:** Через агресивні умови роботи (високі температури) і специфіку середовища, застосування тахометричних лічильників у даному проекті не є доцільним.

**Витратоміри із змінним або постійним перепадом тиску**

Ці прилади належать до дросельних перетворювачів, оскільки вони дещо звужують потік у трубопроводі, створюючи перепад тиску. Принцип заснований на законі Бернуллі, який говорить, що при звуженні перерізу труби швидкість рідини або газу зростає, а тиск падає. Вимірюючи різницю тисків до і після звуження, можна розрахувати витрату.

**Переваги:**

- Надійність і простота конструкції.
- Широкий діапазон застосування.

**Недоліки:**

- Необхідність встановлення приладу у вертикальному положенні.
- Точність вимірювань залежить від густини і в'язкості середовища.
- Візуальне зчитування показань ускладнює їх інтеграцію в системи автоматизації.
- Оптичні методи зчитування можливі лише для прозорих рідин.

**Висновок:** Через технічні складнощі монтажу та значний вплив фізичних властивостей рідини на результати, цей метод не підходить для реалізації у проєкті.

### Загальний підсумок

Враховуючи агресивні умови експлуатації та високі температури робочого середовища, а також потребу у високоточному автоматизованому вимірюванні, вибрані методи — тахометричні лічильники та дросельні витратоміри — не відповідають технічним вимогам проєкту. Варто розглянути інші технології, наприклад індукційні чи електромагнітні витратоміри, які краще адаптовані до таких умов.

### Принцип роботи магніто-індукційних витратомірів

Основою роботи всіх магніто-індукційних витратомірів є явище, описане законом електромагнітної індукції Фарадея. Суть цього явища полягає в тому, що при русі провідника в магнітному полі на його кінцях виникає електрорушійна сила (ЕРС)  $U$ . Ця сила пропорційна довжині провідника  $L$ , швидкості його переміщення  $V$ , магнітній індукції  $B$  та синусу кута  $\alpha$  між напрямком магнітного поля і рухом провідника:

$$U = B \cdot V \cdot L \cdot \sin \alpha$$

### Основні переваги магніто-індукційних витратомірів:

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

- Показники температури, тиску, в'язкості та густини рідини не впливають на точність вимірювань.
- Можливість надійного вимірювання витрат агресивних і частково абразивних середовищ при правильному виборі матеріалів для внутрішньої труби та електродів.
- Наявність у вимірювальній камері твердих частинок незначно впливає на результати.
- Максимальна похибка вимірювання складає приблизно 0,25%.

### **Висновок**

Висока точність, нечутливість до фізичних параметрів середовища та простота монтажу роблять магніто-індукційні витратоміри оптимальним вибором для використання на конкретній ділянці технологічного процесу.

### **Вибір первинного та вторинного перетворювачів**

Для даного проекту рекомендується застосування магніто-індукційного витратоміра **Sitrans FM MAG 6000** від компанії «Siemens». Цей прилад є керованим мікропроцесорним вимірювальним пристроєм з вбудованою текстовою індикацією режимів роботи та налаштувань на 11 мовах.

Пристрій може бути виконаний у двох варіантах:

- Компактна модель, що поєднує сенсор і блок обробки в одному корпусі (рисунок 2.9, а).
- Роздільна конструкція, що складається з сенсора MAGFLO та вторинного перетворювача MAG 6000 — мікропроцесорного блоку живлення і обробки, який можна розмістити окремо, наприклад, на панелі управління (рисунок 2.9, б).

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

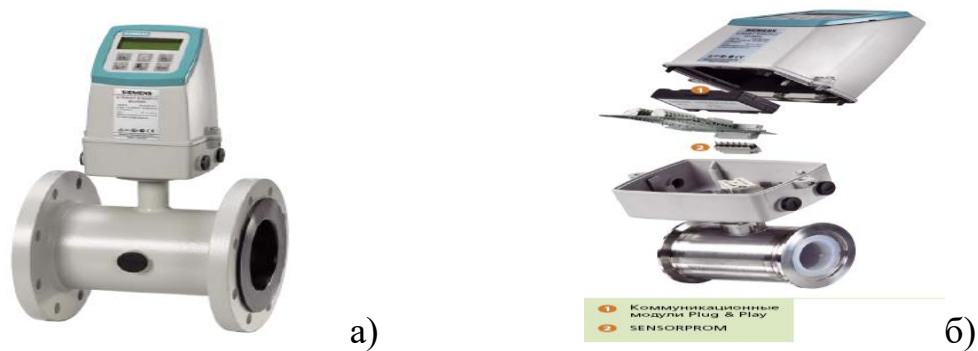


Рис. 2.9 Індукційний витратомір Sitrans FM MAG 6000 фірми «Siemens.

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

### Вміст сухих речовин

Промисловий рефрактометр ПР-1М призначений для безперервного вимірювання концентрації розчинів різних рідин в промислових технологічних процесах. Рефрактометр може застосовуватися в харчовій, целюлозно-паперовій, хімічній, нафтохімічній та інших галузях промисловості. Прилад може бути відкалібрований на вимірювання концентрації широкого кола речовин як на замовлення, так і безпосередньо на виробництві. Принцип дії виключає вплив кольору розчину, бульбашок повітря, твердих частинок.

Конструктивно рефрактометр ПР-1М виконаний у вигляді єдиного модуля. Занурюваний вузол виготовлений з нержавіючої сталі. Оптична призма виготовлена з лейкосапфіра. Габаритно-монтажні розміри погрузаємого вузла і приєднувального фланця можуть бути погоджені із замовником.

### ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Робочий діапазон показника заломлення середовища: 1,320 - 1,540

Робочі межі вимірювання концентрації: 0 - 100%

Діапазон вимірювання концентрації в робочих межах: 40%

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

Похибка вимірювання показника заломлення:  $\pm 0,0002$

Похибка вимірювання концентрації:  $\pm 0,1\%$

температурна компенсація: автоматична

Межі зміни температури контрольованого розчину:  $0 - 140^\circ \text{C}$

Похибка вимірювання робочої температури, не гірше:  $\pm 1^\circ \text{C}$

Максимальний тиск середовища: 20 бар

Вихідні сигнали: аналогові (концентрація, температура) цифрові (на замовлення) 4 - 20 mA, RS232 / RS485

Ступінь захисту корпусу: IP66 (Nema 4X)

Індикатор: 2-х рядковий РК з підсвічуванням

Габаритні розміри (з плоским фланцем): 195x195x340 мм

Маса, не більше: 9 кг

Живлення: 220 В, 50 Гц

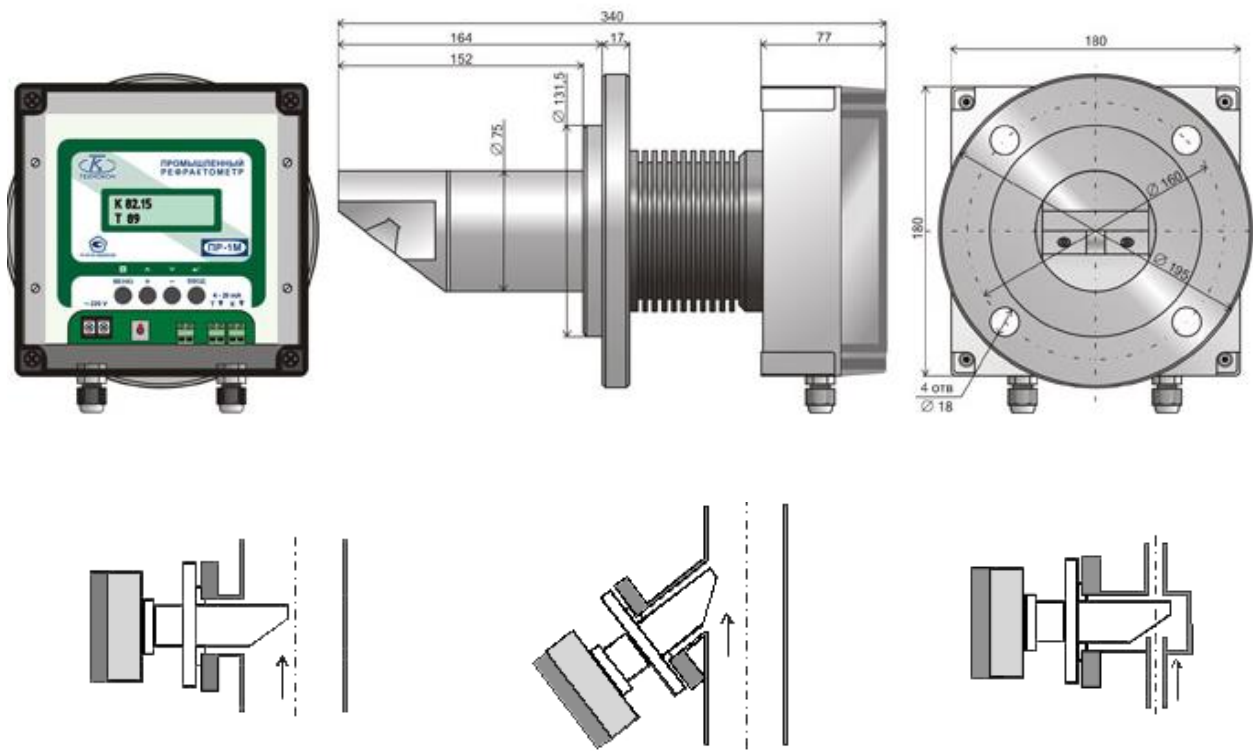


Рис.2.11 Приклади монтажу рефрактометра ПР-1М

## 2.2. Схема автоматизації.

Розглянемо схему автоматизації відділення приготування квасу (креслення 1).

					Кваліфікаційна робота	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Функціональна схема автоматизації (ФСА) призначена для визначення ключових контурів контролю та регулювання основних технологічних параметрів.

### **Контур вимірювання та регулювання рівня**

Визначення рівня в збірниках хлібного екстракту, цистерні хлібного екстракту, цистерні сиропу, збірнику комбінованої закваски, збірнику для розведення теплою водою, бродильному чані та чані для купажування здійснюється за допомогою радарного рівнеміра Rosemount 5300 (позиції 1а-5а, 11а, 14а). Сигнал у діапазоні 4–20 мА передається до мікропроцесорного контролера (МПК) через аналоговий вхідний модуль, де опрацьовується та відображається на ПК оператора. При досягненні максимального рівня у збірнику хлібного екстракту спрацьовує відключення двигуна М1 за допомогою магнітного пускача КМ1. Запуск двигуна М1 забезпечує наповнення збірника. Аналогічно, при заповненні цистерни хлібного екстракту вмикається двигун М2 через пускач КМ2.

### **Контури регулювання температури**

Регулювання температури води перед подачею у збірник для розведення хлібного екстракту, а також у бродильному та купажному чанах, здійснюється за допомогою платинових термоперетворювачів (ПВП) типу Pt100 (позиції 6а, 12а, 13а). Сигнали від них надходять на вторинний перетворювач Sitrans TF2 (6б, 12б, 13б). Процес регулювання відбувається таким чином: температурні сигнали передаються на вторинний перетворювач, який формує вихідний струмовий сигнал 4–20 мА, що надходить до МПК. Порівнявши з заданими параметрами, МПК генерує управляючий сигнал 4–20 мА на електро-пневматичний перетворювач ЕПП-1211 (6в). Там електричний сигнал перетворюється в пневматичний (20–100 кПа), який керує пневмоклапаном Метран 8560 (6г), що регулює подачу гарячої або холодної води до апарату. Аналогічним способом

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

регулюється температура в бродильному та купажному чанах. Окрім того, є контур індикації температури в ємності для витримки.

### **Контури регулювання витрати**

Регулювання витрати речовин здійснюється при дозуванні до збірника для розведення хлібного екстракту та бродильного чана. Витрата хлібного екстракту вимірюється індукційним витратоміром Sitrans FM MAG 1100 (7а), інформація з якого передається на вторинний перетворювач Sitrans MAG 6000 (7б). Сигнал 4–20 мА надходить на МПК, де порівнюється з заданим значенням. При досягненні заданої витрати МПК подає управляючий сигнал на електро-пневматичний перетворювач ЕПП-1211 (7в), що через пневмоклапан Метран 8560 (6г) регулює кількість хлібного екстракту, що подається.

Регулювання витрати розведеного хлібного екстракту, сиропу та комбінованої закваски відбувається аналогічним чином з керуванням клапанів 8г–10г.

### **Контур регулювання концентрації**

У купажному чані контролюється концентрація за допомогою промислового рефрактометра ПР-1М (15а), який формує уніфікований сигнал 4–20 мА. Цей сигнал надходить на МПК, де порівнюється з заданим значенням. У разі розбіжності МПК подає управляючий сигнал 4–20 мА на електро-пневматичний перетворювач ЕПП-1211 (15б), який перетворює його в пневматичний сигнал 20–100 кПа для керування клапаном Метран 8560 (15в), що регулює подачу сиропу в апарат.

Управління двигунами мішалок та насосів здійснюється як локально, так і дистанційно через ПК оператора. Запуск моторів відбувається через магнітні пускачі КМ3–КМ7.

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

## 2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість	Примітка
6б, 12б, 13б	Вторинний перетворювач Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...180 °С, Клас точності-0,25.	Sitrans TF2	°С	3	Siemens
6а, 12а, 13а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Найменування: Мідь-константан Робочий діапазон: -200 ... 260 С	Pt100	Ом	3	ОАО Тэра
1а-5а, 11а, 14а	Радарний рівнемір. Клас точності-0,25. Межі вимірювань 0,3...15 м. Частота випромінювання 44 кГц.	Rosemount 5300	%	7	Emeson
7а- 10а, 16а	ПВП витрати. Принцип дії: електромагнітний Діаметр Ду: 15..2000 мм Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар Точність 0.25% (з перетворювачем MAG	Sitrans FM MAG G 1100		5	Siemens

№ Позиц ії за схемо ю	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Оди ниця вимі рюв ання	Кіль кіст ь	Примітк а
	6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000)  Ступінь пило вологозахисту: IP67 / IP68  Вихідний сигнал: 1 струмовий, 1 частотний / імпульсний, 1 релейний (преобразів. MAG 5000/6000)  Напруга живлення: 220V AC або 24 V AC / DC (перетворювач MAG 5000/6000)				
7б- 10б, 16б	Вторинний перетворювач витрати  Вих.сиг. 4-20 мА  Температура вимірюваного середовища:  -40 ... 1800С  Тиск: до 40 бар	MAG  G  6000	л/го  д	5	Siemens
15а	Робочий діапазон показника заломлення середовища: 1,320 - 1,540  Робочі межі виміру концентрації: 0 - 100%  Діапазон вимірювання концентрації в робочих межах: 40%  Похибка вимірювання показника заломлення: ± 0,0002  Похибка вимірювання концентрації: ± 0,1%  Межі зміни температури контрольованого розчину: 0 - 140 ° С  Максимальний тиск середовища: 20 бар  Вихідні сигнали:	ПР- 1М	%	3	Промпри бор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк

41

№ Позиц ії за схемо ю	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Оди ниця вимі рюв ання	Кіль кіст ь	Примітк а
	аналогові (концентрація, температура) цифрові (за замовленням) 4 - 20 mA RS232 / RS485				
бв- 10в, 23в, 13в, 15б	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 mA Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: 140 кПа	ЭП- 1211		8	Промпри бор
бг- 10г, 23г, 13г, 15в	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 3 ... 12 дюйм Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	Метра н 8560		10	Метран
КМ1- КМ7	Магнітний пускач (контактор) Кількість полюсів: 3 Номінальний струм, А: 60 Ланцюг управління, В: 220 Тип приєднання: зажим під гвинт Блок контактів: 1НО+1НЗ	LC1D 95M7		7	“Schneid er electric”
SB1- SB7	Вимикач кнопчний для комутації електричних ланцюгів керування змінного	БК14- 21		7	ООО "Примте

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк

42

№ Позиц ії за схемо ю	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Оди ниця вимі рюв ання	Кіль кіст ь	Примітк а
	струму частотою 50 і 60 Гц напругою до 660 В і постійного струму напругою до 440 В.				к"

## 2.4. Проектне компонування мікропроцесорних контролерів

### Конфігурування МПК MODICON M340

Для управління об'єктом необхідно сконфігурувати МПК який забезпечує підключення:

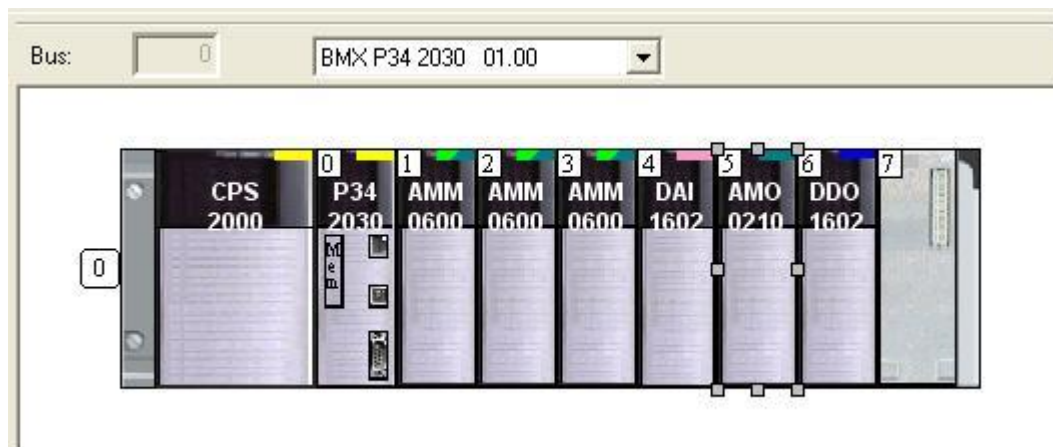


Рис.12 Конфігурування МПК Modicon M340 в середовищі Unity Pro

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	16
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	8

Кількість дискретних входів	0
Кількість дискретних виходів	7

Таблиця 1. Перелік вхідних-вихідних сигналів в процесі

### Вибір процесорного модуля

Кількість аналогових входів і виходів: 16. Дискретних входів і виходів – 15  
Враховуючи кількість каналів введів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль ВМХ Р34 2030.

Таблиця 2. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу

№ п/п	Найменування блока, його параметри	Кільк
1	2	3
ВМХ Р34 2030	Процесорний модуль	1
ВМХ СРС 2000	Блок живлення контролера	1
ВМХ ХВР 0700	Шасі контролера	1
ВМХ АМІ 0800	Модуль аналогових входів 8	2
ВМХ АМО 0802	Модуль аналогових виходів 8	1
ВМХ ДДІ 1602	Модуль дискретних входів 16	0
ВМХ ДДО 1602	Модуль дискретних виходів 16	1
ВМХ ФТВ 2820	28-контактна земна колодка для підключення модуля ВМХ АМІ 0800	3

BMX FTB 20-0	20-контактна зємна колодка для підключення модуля BMX АМО 0802	1
--------------	--	---

Вибір шасі, додаткових модулів та аксесуарів для шасі

Загальна кількість модулів разом з процесором: 1 CPU + 2 AI + 1 AO+1DO = 5. Вибір блоків живлення: BMX CPS 2000– 1 шт

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

#### 3.1. Загальна схема підключення

Принципова електрична схема автоматичного регулювання, управління та сигналізації наведена на 6-му аркуші графічної частини курсового проекту. Вона побудована на базі мікропроцесорного контролера Modicon M340.

Алгоритм роботи цієї схеми полягає у послідовній обробці сигналів: інформація від датчиків надходить на вхідні модулі ПЗО (аналогові та дискретні входи), де конвертується в цифровий формат і передається для програмної обробки мікропроцесором згідно із заданою логікою. На основі оброблених даних формується керуючий сигнал, який відправляється на вихідні ПЗО (аналогові та дискретні виходи) для управління виконавчими пристроями.

До складу вхідних ПЗО входять два модулі ВМХ АМІ 0800 — повноформатні аналогові модулі з 8 каналами кожен. Вони виконують перетворення уніфікованого сигналу 4–20 мА у цифровий сигнал контролера в діапазоні 0–10000 одиниць.

Вихідні ПЗО представлені модулем ВМХ АМО 0802 (повноформатний аналоговий модуль з 8 виходами), який перетворює цифрові значення 0–10000 одиниць контролера назад у сигнал 4–20 мА, а також модулем ВМХ DDO 1602 — дискретним модулем для керування двигунами через магнітні пускачі.

Далі розглянемо приклад регулювання температури в апараті неперервного бродіння.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Букша В.О.			Розробка систем автоматизації виробничого процесу розливу напоїв	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мацебула Д.В.					46	5
Секретар		Проскурка Є.С.			НУХТ АК-4-1			
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

Сигнал від термоперетворювачів опору з нормованим виходом 4...20 мА та діапазоном вимірювання 0...+200 °С, що підключений на позиції 13а, надходить на модуль аналогових входів ВМХ АМІ 0800 відповідно до технічної документації на перетворювач.

У модулі АЦП цей аналоговий сигнал перетворюється у цифровий код у діапазоні від 0 до 10000 одиниць, згідно з налаштуваннями модуля. При цьому, у відповідності з географічним методом адресації, сигнал отримує адресу в контролері — %IW0.1.2.

Подальша обробка сигналу відбувається в програмному забезпеченні контролера, де регулювання здійснюється за допомогою пропорційно-інтегрального (ПІ) регулятора.

Нижче наведено фрагмент тексту програми:

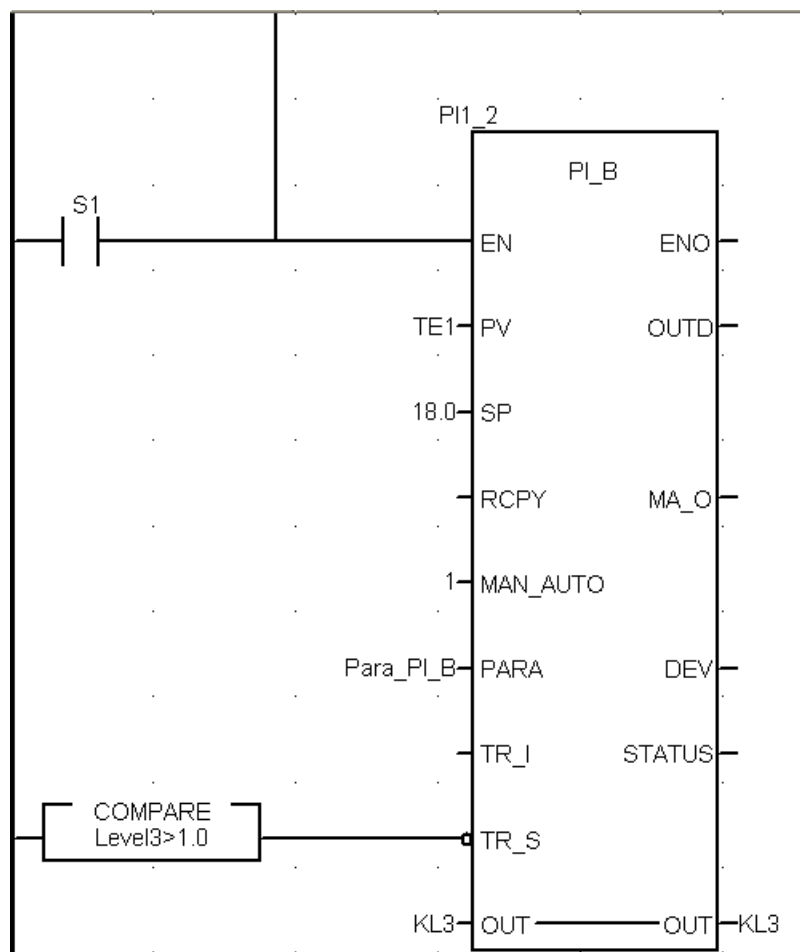


Рис. 13 Фрагмент програми з ПІ-регулятором

PI\_V – стандартний алгоритм ПІ регулювання в бібліотеці контролера.

PV – плинне значення температури

SP – задане значення

Man\_Auto – ручний/автоматичний режим роботи

Para – функціональний блок, де прописуються параметри настройок регулятора

TR\_S – при надходженні на цей вхід логічного 0 запускається регулятор

OUT – вихідний клапан, в даному випадку пневматичний клапан Метран 8560.

Аналогічно регулюється відбувається регулювання інших параметрів в апараті.

Принципові схеми регулювання, управління та сигналізації в даному курсовому проекті об'єднані в одну, оскільки дві останні реалізовані в програмі контролера.

Вона включає в себе технологічну сигналізацію про входження найбільш важливих параметрів технологічного процесу в аварійний мінімум та максимум. Схема сигналізації реалізована на нижньому рівні АСУТП і візуалізована на дисплейній мнемосхемі.

Схема керування електродвигуном М1 при живленні ланцюга управління фазною напругою наведена на рис. 1. Ця схема призначена для місцевого керування відповідними приводами.

У ручному режимі роботи двигуна М1 натискання кнопки SB2 (кнопка «Пуск») подає напругу 220 В на котушку магнітного пускача KV1. В результаті його контакти замикаються, що забезпечує блокування кнопки «Пуск» — тобто після відпускання кнопки ланцюг залишається замкненим і двигун продовжує працювати. Цей механізм називається самопідхватом.

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

Включений магнітний пускач подає живлення на двигун, забезпечуючи його запуск.

Для зупинки двигуна служить кнопка SB1 («Стоп»). При її натисканні електричний ланцюг розривається, струм на котушку магнітного пускача припиняється, контакт самопідхвату розмикається, і двигун зупиняється.

Перемикач SA дозволяє переводити режим керування двигуном M1 в автоматичний. У цьому випадку управління відбувається через дискретний вихід промислового контролера, який керує котушкою магнітного пускача KV1.

Для захисту двигуна від перегріву використовується теплове реле. У разі перевищення допустимої температури теплове реле розмикає нормально замкнені контакти KK1, розриваючи ланцюг живлення магнітного пускача і вимикаючи двигун.

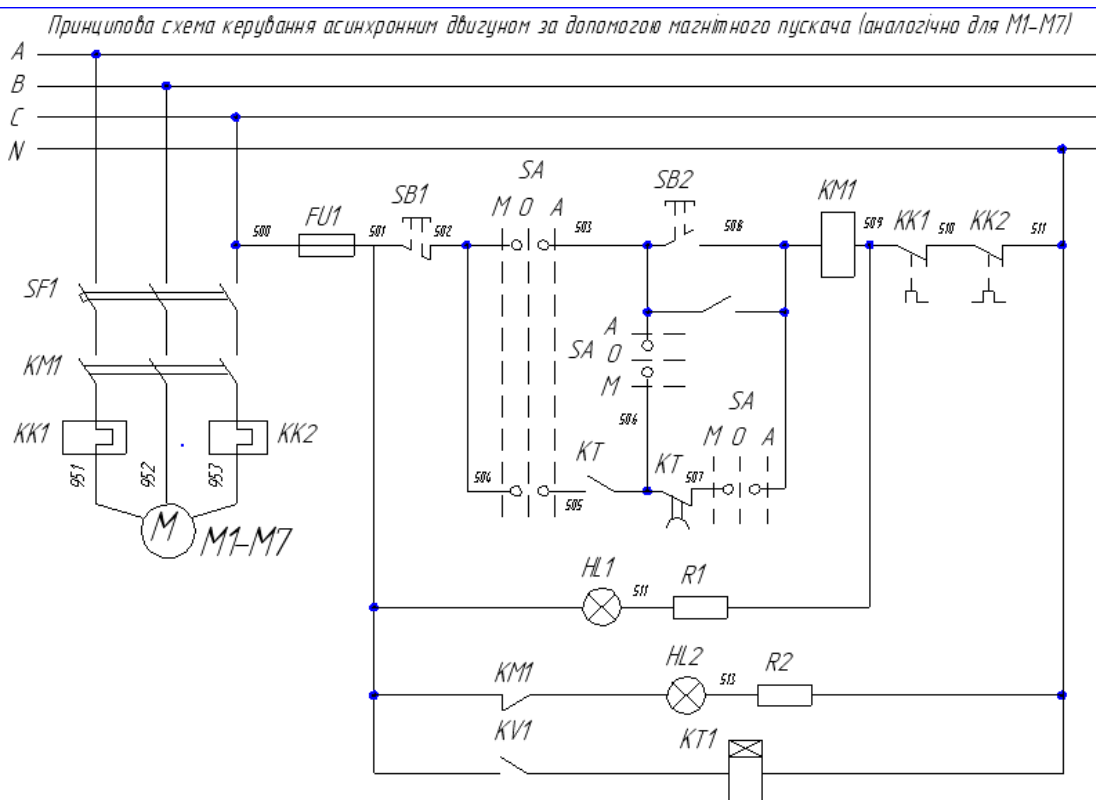
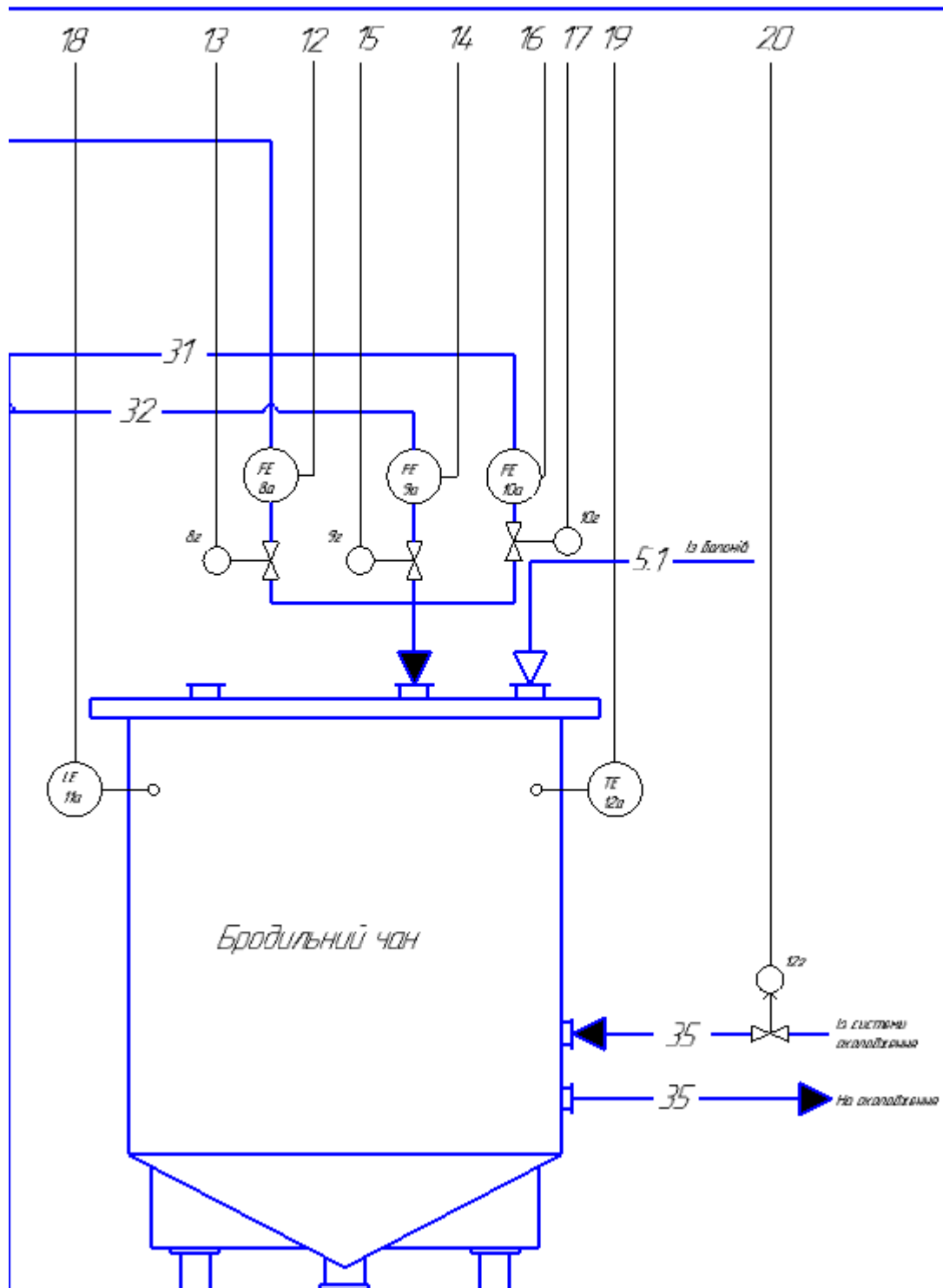


Рис. №14 . Принципова схема керування асинхронним двигуном за допомогою магнітного пускача

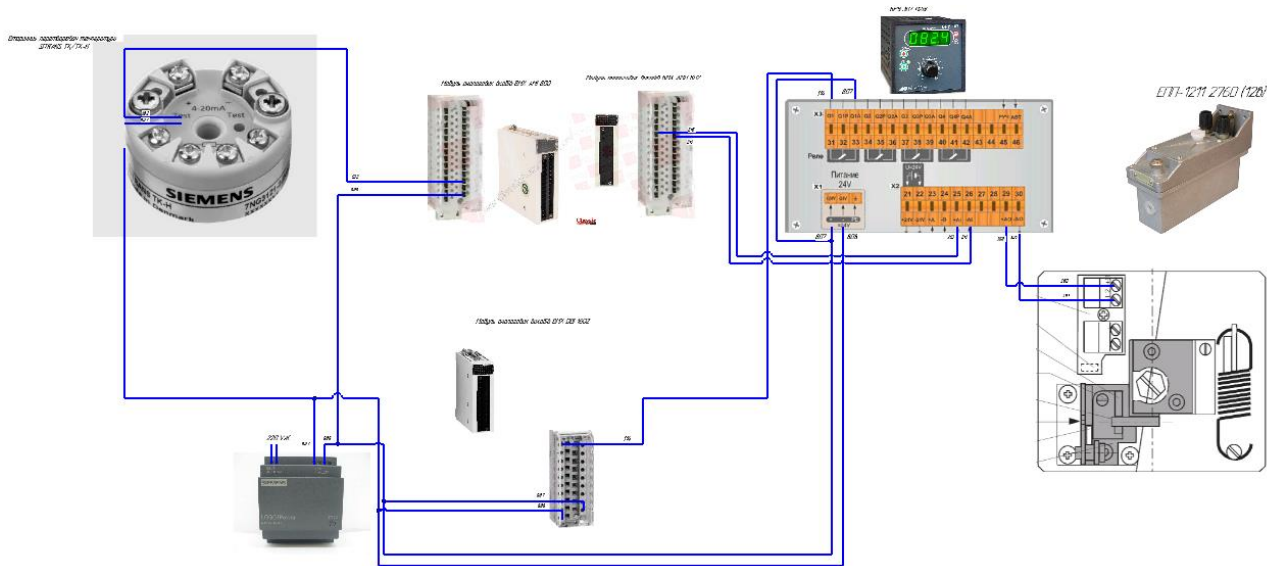
## 3.2. Розширені схеми підключення для окремих контурів

### 3.2.1 Схема автоматизації окремого контуру

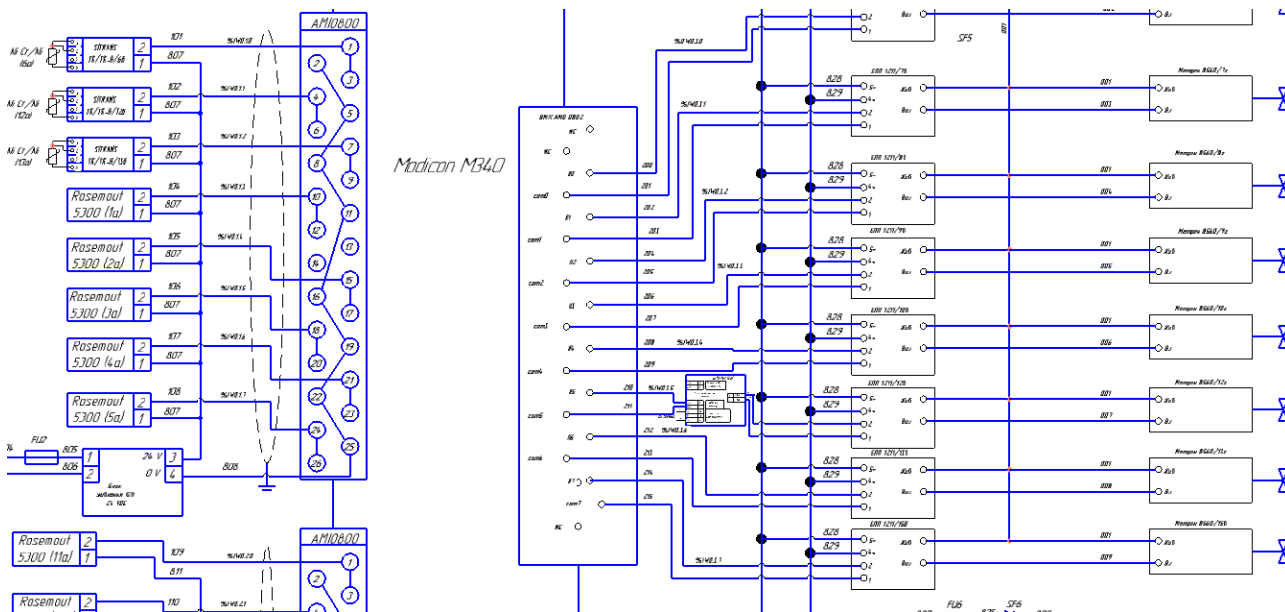


### 3.2.2. Графічне зображення з'єднання між собою технічних засобів автоматизації

					Кваліфікаційна робота	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50



### 3.2.3 Принципова схема з'єднання між собою технічних засобів автоматизації



### 3.2.4 Опис схеми підключення

Регулювання температури води здійснюється наступним чином: сигнал від платинового термометра (ПВП) подається на вторинний перетворювач. Вихідний струмовий сигнал 4–20 мА з вторинного перетворювача (позиція 12б) надходить на аналоговий вхід мікропроцесорного контролера (МПК). Температура порівнюється з заданим значенням, і у разі розбіжності на виході МПК формується управляючий сигнал 4–20 мА, який подається на електро-пневматичний

перетворювач ЕПП-1211 (позиція 12в). Тут електричний сигнал перетворюється у пропорційний пневматичний сигнал у діапазоні 20–100 кПа, який керує пневмоклапаном Метран 8560 (позиція 12г). Клапан регулює подачу гарячої або холодної води до апарата, підтримуючи необхідну температуру.

Крім автоматичного режиму, передбачено також ручне та дистанційне управління контуром регулювання температури освітленого сусла за допомогою блоку ручного управління БРУ-107 (позиція 12д). Сигнал із датчика надходить на вхід БРУ і відображається на його екрані. Другий вхід блоку під'єднаний до модуля аналогових виходів МПК, а вихід БРУ з'єднаний із електро-пневматичним перетворювачем ЕПП-1211 (12в).

У автоматичному режимі керуючий сигнал 4–20 мА з модуля аналогових виходів МПК подається на вхід БРУ. На виході блоку формується сигнал, ідентичний тому, що надходить від контролера, який потім подається на електро-пнеумперетворювач.

У разі переходу на ручний режим управління значення сигналу на виході БРУ-107 регулюється вручну за допомогою відповідного задавача. Це змінює ступінь відкриття клапану, що впливає на інтенсивність процесу нагріву чи охолодження, забезпечуючи більш гнучке керування залежно від встановленого вихідного сигналу.

### **Блок ручного управління, завдання та індикація БРУ-107**

БРУ-107 — це універсальний пристрій для застосування в промислових системах автоматизації, який виконує функції:

- Ручної станції управління аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами;
- Задатчика аналогових або імпульсних сигналів (“більше”-“менше”);
- Цифрового індикатора двох технологічних параметрів.

Основні сфери застосування:

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

- Відображення двох фізичних величин на цифровому та лінійному індикаторах;
- Ручне задання аналогових та імпульсних уніфікованих сигналів;
- Перетворення імпульсних сигналів типу “більше-менше” або ШІМ у вихідний аналоговий сигнал;
- Управління виконавчими механізмами з можливістю зовнішнього або внутрішнього перемикавання керуючих ланцюгів.

Режими роботи:

Блок підтримує 9 режимів, серед яких:

- Індикатор фізичних величин з можливістю ручного задавання аналогового сигналу;
- Станції ручного управління аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами;
- Перетворювачі імпульсних та ШІМ сигналів у уніфіковані аналогові виходи;
- Масштабування та лінійне перетворення сигналів із можливістю програмної калібрування.

Функціональні можливості:

- Індикація значень параметрів на цифровому (4 розряди) та лінійному (21 сегмент) індикаторах;
- Сигналізація виходу за межі мінімального або максимального рівня;
- Балансування сигналів та плавне перемикавання режимів;
- Програмне налаштування шкал, фільтрація сигналів та керування швидкістю реакції;
- Підтримка режимів ручного та автоматичного управління з індикацією поточного стану.

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

Конструктивні елементи:

- Два канали для вимірювання аналогових величин;
- Два датчика — аналоговий та імпульсний;
- Панель керування з клавішами для налаштування та управління режимами роботи.



Технічні характеристики:

2 АІ:

- 0-5 мА ( $R_{вх} = 400 \text{ Ом}$ );
- 0 (4) -20 мА ( $R_{вх} = 100 \text{ Ом}$ );
- 0-10 ( $R_{вх} = 25 \text{ кОм}$ ).

Сигнали РУЧ / АВТ:

- логічний "0" - 0-7В;
- логічна "1" - 18-30В.

Інтерфейс / протокол:

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

- RS-485 / ModBus.

1 АО:

- 0-5 мА ( $R_H \leq 2\text{кОм}$ );

- 0 (4) -20 мА ( $R_H \leq 500\text{ Ом}$ );

- 0-10 ( $R_H > 2\text{кОм}$ ).

Три переключающих реле:

- Постійний струм: до = 34В, 250мА;

- Змінний струм: до 220, 0,25А.

Ключі БІЛЬШЕ - МЕНШЕ:- 24В, 100м

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

#### 4. Креслення встановлення технічних засобів

Встановлення радарного рівнеміра в корпус апарата показано на кресленні 3.

Рівнемір моделі 5300 — це інтелектуальний двопровідний прилад для безперервного вимірювання рівня, який працює за принципом рефлектметрії.

Малопотужні наносекундні імпульси поширюються по зануреному зонду. Коли імпульс досягає поверхні рідини, частина його енергії відбивається назад до рівнеміра. Часова різниця між відправкою імпульсу і прийомом відбитого сигналу перетворюється на відстань, за якою визначається рівень рідини або межа поділу двох різних середовищ.

Ключовим параметром для точних вимірювань є відбивна здатність продукту, що залежить від діелектричної проникності середовища. Чим вища діелектрична проникність речовини, тим інтенсивніше відбивається сигнал (збільшується амплітуда), що дозволяє розширити діапазон вимірювань.

Для усунення перешкод і шумів у сигналі застосовуються порогові значення амплітуди, які автоматично коригуються на основі діелектричної проникності продукту. Особливу увагу при цьому приділяють діелектричній проникності верхнього шару продукту, оскільки вона є важливою при визначенні рівня межі поділу різних середовищ.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Букша В.О.</i>			<i>Розробка систем автоматизації виробничого процесу розливу напоїв</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мацебула Д.В.</i>					56	5
<i>Секретар</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>						

Рівнемір моделі 5300 призначений для комплексного вимірювання рівня різноманітних рідин, напіврідких і сипких матеріалів, а також для визначення межі поділу між рідинами. Завдяки використанню хвилевідної надвисокочастотної технології, пристрій забезпечує високоточні та надійні виміри, які практично не залежать від впливу таких факторів, як температура, тиск, парогазові суміші, густина рідини, турбулентність, кипіння, слабкі сигнали, різна діелектрична проникність, рівень рН та в'язкість.

Поєднання хвилевідної надвисокочастотної технології з сучасними методами обробки сигналів робить рівнемір 5300 універсальним рішенням для широкого спектра застосувань.

Пристрій оснащений корпусом з алюмінію або нержавіючої сталі (SST), який містить складне електронне обладнання та програмне забезпечення для обробки сигналів. Корпус із нержавіючої сталі особливо рекомендований для складних умов експлуатації, наприклад, на морських платформах або у середовищах, де можливе корозійне вплив, як-от розчини солей чи лугів.

Електронний блок радарного рівнеміра генерує електромагнітні імпульси, які подаються через зонд. Підключення зонду здійснюється за допомогою фланцевого, різьбового або трьохзахимного з'єднання. Для різних умов застосування передбачено кілька типів зондів: жорсткий подвійний, гнучкий подвійний, жорсткий одинарний, жорсткий сегментований одинарний, гнучкий одинарний та коаксіальний.

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

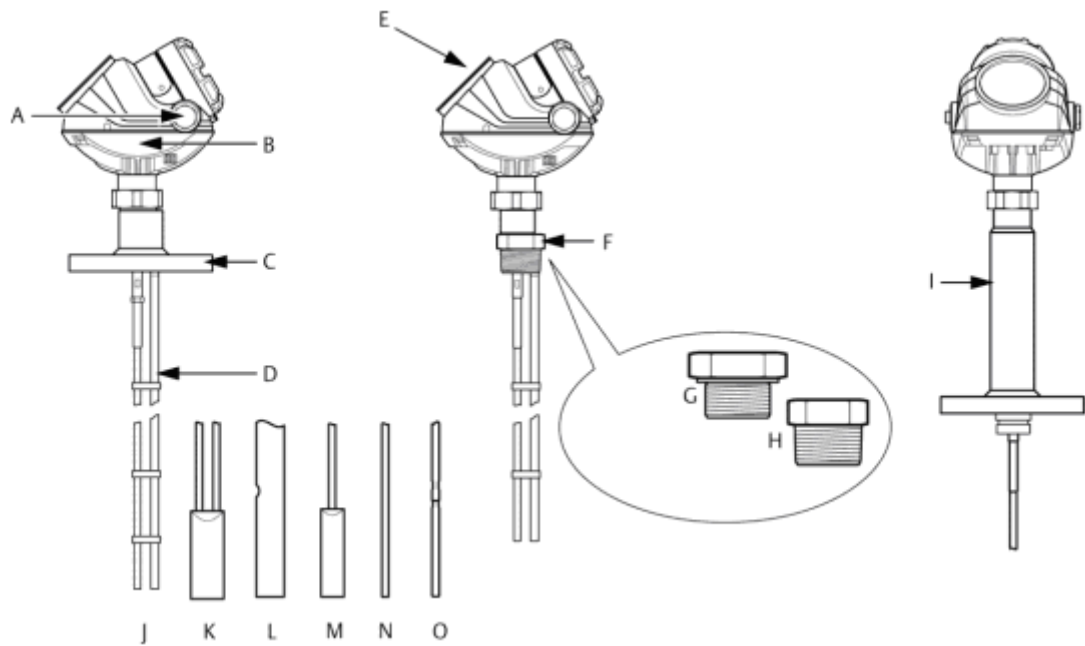


Рис. 9 Компоненти радарно-хвильового рівнеміра Rosemount 5300

A. Кабельний ввід: 1/2 "додаткові адаптери NPT: M20, eurofast, mini fast

B. Радар блоку електроніки

C. Фланцеві технологічні з'єднання

D. Зонд

E. Корпус з двома відсіками

F. Різьбові технологічні з'єднання

G. BSP (G)

H. NPT

I. Версія ВТВД

J. Жорсткий подвійний зонд

K. Гнучкий подвійний зонд з вантажем

L. Коаксіальний

M. Гнучкий одинарний зонд з вантажем

N. Жорсткий одинарний зонд

## О. сегментований жорсткий одинарний зонд

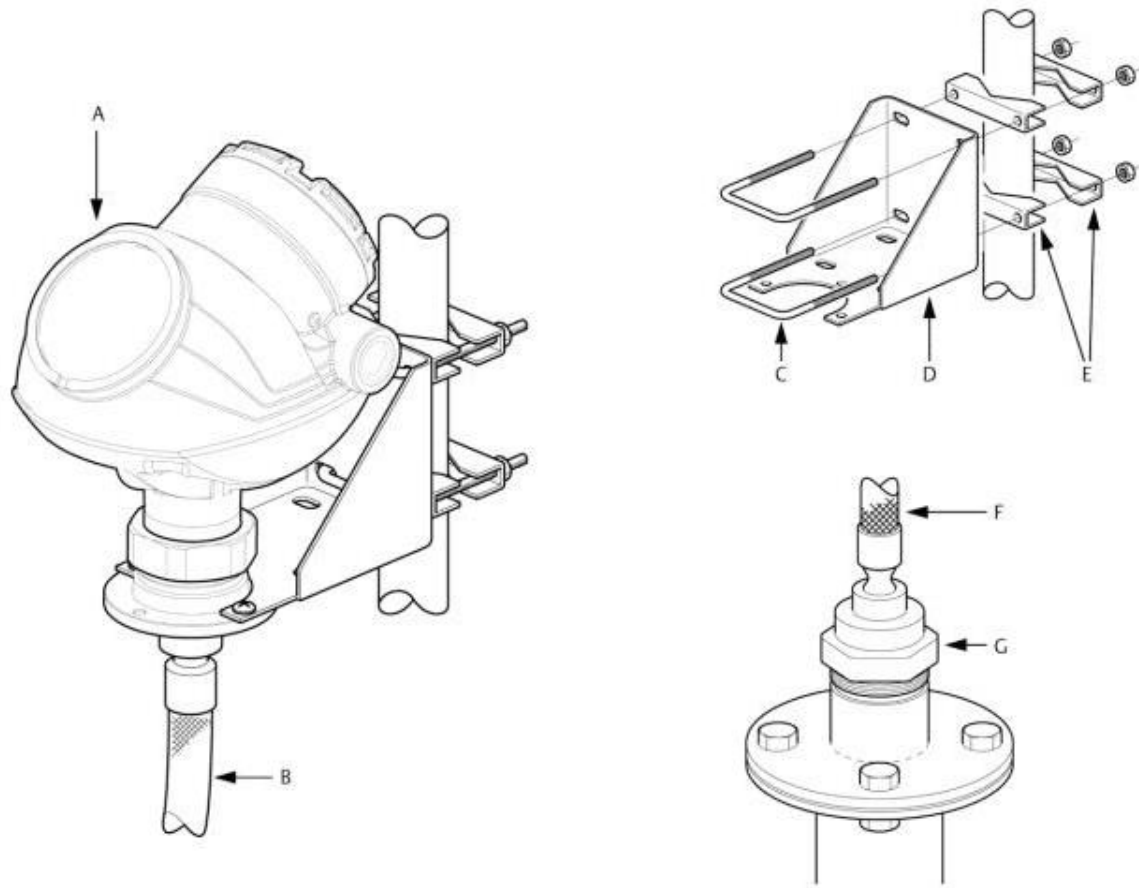


Рис. 10 Деталі корпусу рівнеміра для виносного монтажу

A – корпус із двома відсіками

B – кабель віддаленого підключення

C – U-подібний болт

D – Скоба для кріплення

E – Кронштейни

G – гайка M50

Для підключення рівнеміра 5300:

1. Відключити / від'єднати енергопостачання від головки рівнеміра, після чого відкрити приладову кришку. Чи не знімати кришку у вибухонебезпечному середовищі, якщо схема приладу знаходиться під напругою.

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

2. Протягнути кабель через кабельний ввід / кабелепровід. Для шини RS-485 використовувати екрановану виту пару, рекомендується кабель з хвильовим опором 120 Ом (як правило, розміру 24 AWG) для забезпечення відповідності стандарту EIA-485 і нормативам EMC. Максимальна довжина кабелю 1200 м.
3. Переконатися, що корпус рівнеміра заземлений, потім з'єднати дроти відповідно до малюнок J-2 і таблицею J-1. Підключити провідник, що йде від лінії А від шини RS-485 до клеми MB, а провідник від лінії В до клеми MA.
4. Якщо даний рівнемір останній на шині, підключити узгоджувальний резистор на 120 Ом.
5. З'єднати дроти з позитивного висновку джерела живлення до висновку, позначеного POWER +, а дроти з негативного висновку до висновку POWER -. Кабелі електроживлення повинні відповідати подається напрузі і бути атестовані для використання в небезпечних зонах, якщо необхідно.
6. Встановити на місце і закріпити кришку корпусу. Затягнути кабельний сальник, закрити заглушкою і герметизувати всі невикористовувані висновки, потім підключити живлення.

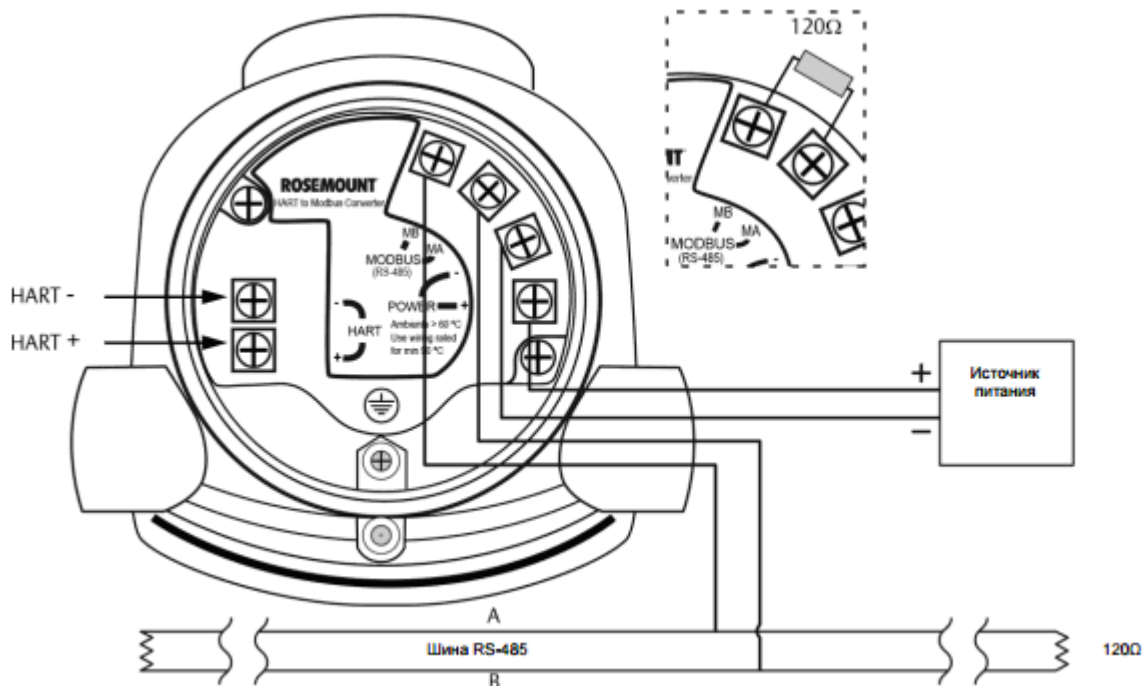


Рис. 11 Електрична схема під'єднання рівнеміра Rosemount 5300



Таблиця.5.1 Параметри функціонального блока PI\_V

Вхідні параметри		
PV	<a href="#">REAL</a>	значення вимірювальної величини (плинне значення)
SP	REAL	задане значення (уставка)
RCPY	REAL	дійсне положення виконавчого механізму (використовується при управлінні серво-ВМ разом з EFB SERVO )
MAN_A UTO	<a href="#">BOOL</a>	Режим роботи ПІ-регулятора: 1 : Автоматичний режим 0 : Ручний режим
PARA	<a href="#">Para_PI_V</a>	Параметри регулятора (див. таб.2.7)
TR_I	REAL	Значення ініціалізації
TR_S	BOOL	Команда на включення ініціалізації (1: Включити ініціалізацію)
Вхідні/вихідні параметри		
OUT	REAL	Вихід ПІ-регулятора (в ручному режимі може змінюватися з зовні PI_V)
Вихідні параметри		
OUTD	REAL	різниця між вихідною величиною в плинному і попередньому циклах перерахунку PI_V
MA_O	BOOL	Плинний режим виконання ПІ-регулятора 1: Автоматичний режим 0: інший режим (ручний або режим ініціалізації)
DEV	REAL	Значення розузгодження (PV - SP)
STATUS	<a href="#">WORD</a>	Слово статусу (використовується для контролю за помилками виконання PI_V)

Таблиця.5.1 Опис структурного типу Para\_PI\_V

id	<a href="#">UINT</a>	Використовується для алгоритму автопідстройки (AUTOTUNING)
pv_inf	<a href="#">REAL</a>	обмеження по мінімуму вхідної величини завдання
pv_sup	REAL	обмеження по максимуму вхідної величини завдання
out_inf	REAL	обмеження по мінімуму вихідної величини
out_sup	REAL	обмеження по максимуму вихідної величини
rev_dir	<a href="#">BOOL</a>	0: пряма робота ПІ-регулятора (PV-SP) 1: зворотна робота ПІ-регулятора (SP-PV)
en_rcpy	BOOL	1: використати вхід RCPY (тільки для управління серво-ВМ)
kp	REAL	Коефіцієнт пропорційності
ti	<a href="#">TIME</a>	Час інтегрування
dband	REAL	Зона нечутливості
outbias	REAL	зміщення виходу регулятора в ПІ-режимі функціонування (при ti=0s)

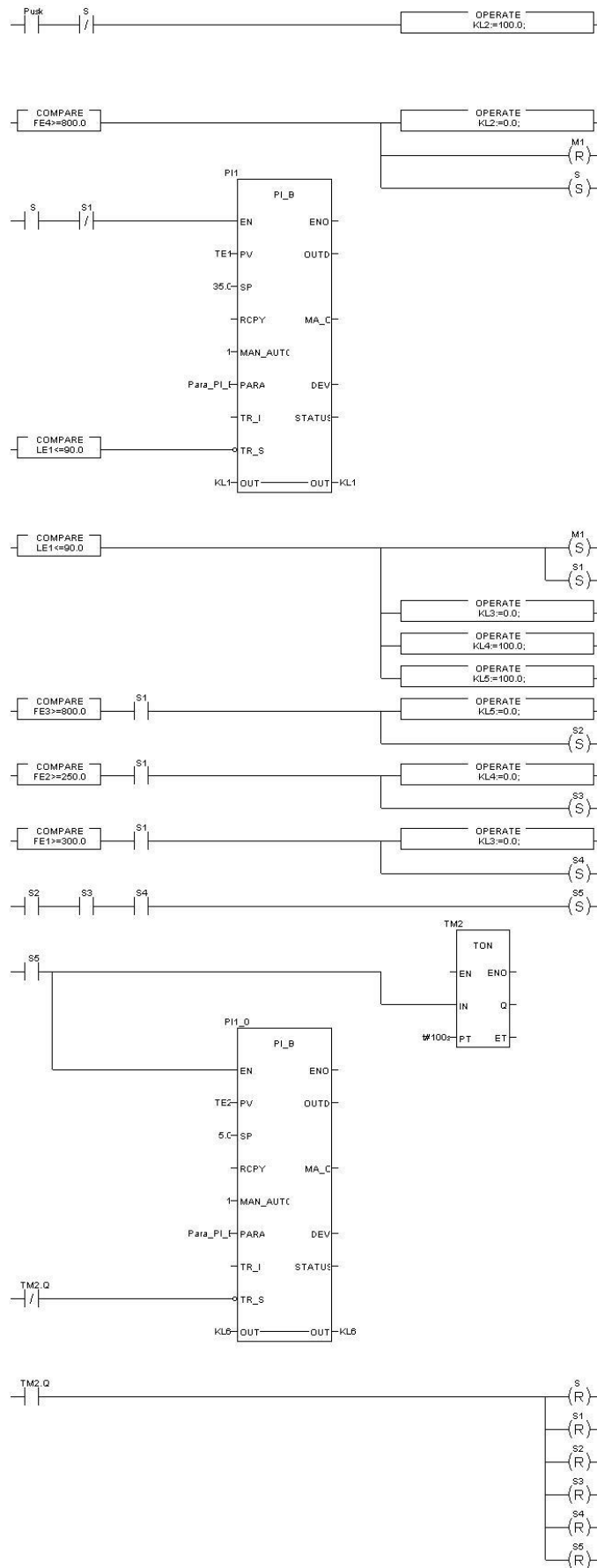


Рис.5.2 Програма для ПЛК

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Таблиця 6.1. Змінні та їх настройки

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. Вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. Значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
LE1	%IW0.1.0	0	10000	0	100	INT
LE2	%IW0.1.1	0	10000	0	100	INT
LE3	%IW0.1.2	0	10000	0	100	INT
LE4	%IW0.1.3	0	10000	0	100	INT
LE5	%IW0.1.4	0	10000	0	100	INT
TE1	%IW0.1.5	0	10000	0	150	INT
FE1	%IW0.1.6	0	10000	0	3000	INT
FE2	%IW0.1.7	0	10000	0	3000	INT
FE3	%IW0.2.0	0	10000	0	3000	INT
FE4	%IW0.2.1	0	10000	0	100	INT
LE6	%IW0.2.2	0	10000	0	100	INT
TE2	%IW0.2.3	0	10000	0	150	INT
TE3	%IW0.2.4	0	10000	0	150	INT
LE7	%IW0.2.5	0	10000	0	100	INT
QE1	%IW0.2.6	0	10000	0	100	INT
FE5	%IW0.2.7	0	10000	0	3000	INT
KL1	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
KL2	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT
KL3	%QW0.3.2	0	10000	0	100	INT
KL4	%QW0.3.3	0	10000	0	100	INT
KL5	%QW0.3.4	0	10000	0	100	INT
KL6	%QW0.3.5	0	10000	0	100	INT
KL7	%QW0.3.6	0	10000	0	100	INT
KL8	%QW0.3.7	0	10000	0	100	INT
M1	%Q0.4.0	-	-	-	-	BOOL
M2	%Q0.4.1	-	-	-	-	BOOL
M3	%Q0.4.2	-	-	-	-	BOOL
M4	%Q0.4.3	-	-	-	-	BOOL
M5	%Q0.4.4	-	-	-	-	BOOL
M6	%Q0.4.5	-	-	-	-	BOOL
M7	%Q0.4.6	-	-	-	-	BOOL

В меню «Теги»/« Теги Тренда» описуємо всі змінні, що будуть використовуватись в трендах.

Рис.6.2. Вікно опису змінної для тренду

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

Рис.6.3. Вікно опису аналогового аларму

Таблица 6.2. Аларми дискретні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Тег аларма	Ім'я аларма	Опис аларма	Змінний тег А
1	2	3	4
M1	Двигун M1	Аварія двигуна	M1
M1_1	Двигун M1	Готовий до роботи	M1
M2	Двигун M2	Аварія двигуна	M2
M2_1	Двигун M2	Готовий до роботи	M2

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

Таблиця 6.3. Аларми аналогові

Тег аларма	Ім'я аларма	Змінний тег	Критично низький	Критично високий
1	2	3	4	5
TE_1	Температура в збірнику djlб	TE	-	95
TE_2	Температура в бродильному чану	TE	-	540
QE	Кислотність в бродильному чану	QE	4,4	7,1

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

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

Рис.6.4. Вікно опису категорії алармів

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

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

Рис.6.5. Вікно опису користувача

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

На екрані системи відображаються показники датчиків, стан відкриття чи закриття клапанів, а також кнопки для запуску та зупинки обладнання. Тут же реалізовано анімацію, яка ілюструє перехід між етапами технологічного процесу. Оператор має змогу контролювати весь процес безпосередньо зі свого

робочого місця. При потребі можна перемкнутися між автоматичним та ручним режимами керування, просто натиснувши відповідну кнопку. В ручному режимі оператор може регулювати ступінь відкриття клапанів та змінювати швидкість обертання двигунів.

Для запобігання аваріям і порушенням технологічного циклу, на екрані постійно відображаються поточні параметри. Якщо значення будь-якого параметра перевищує допустимі межі, його колір змінюється: при перевищенні граничного рівня він стає червоним, а при наближенні до межі — жовтим. Стан двигунів також відображається кольорами: працюючі двигуни позначені червоним, а готові до роботи — зеленим.

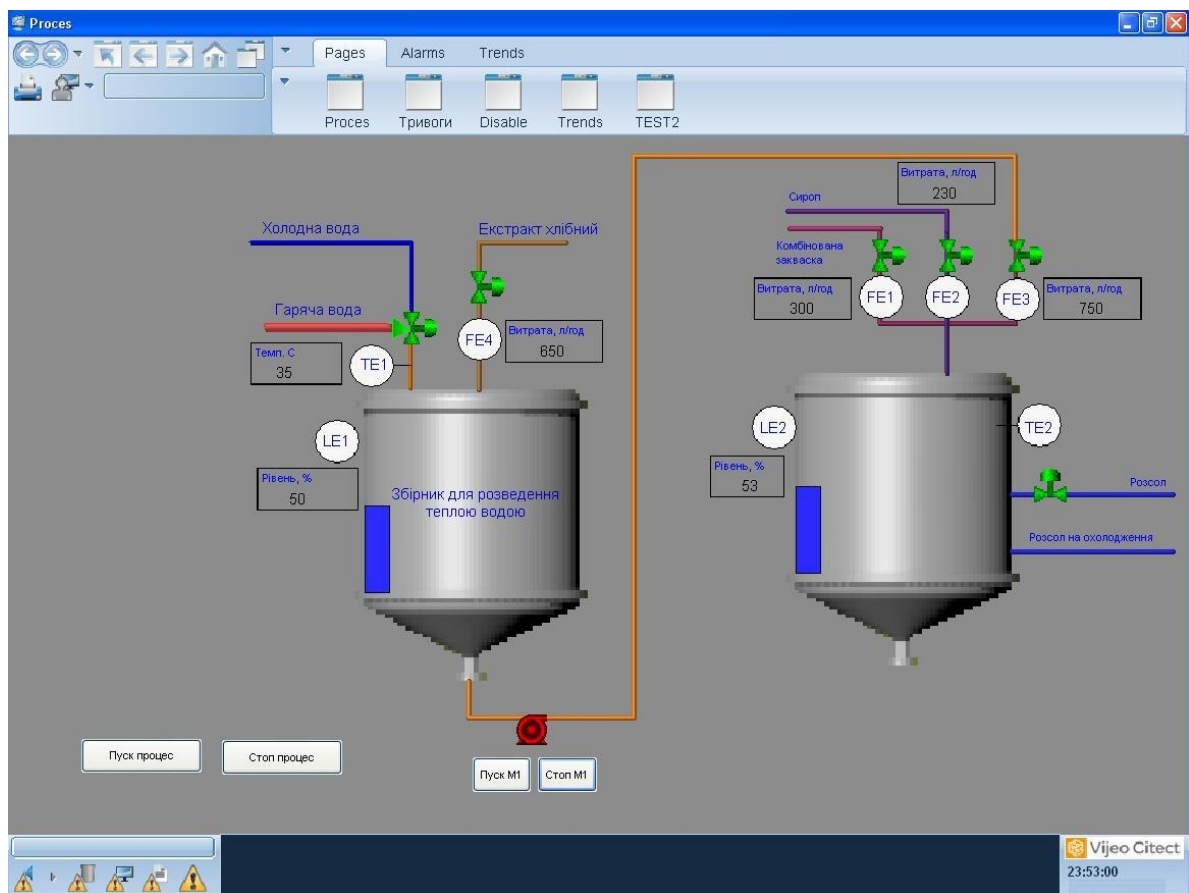


Рис.6.6. Мнемосхема відділення

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

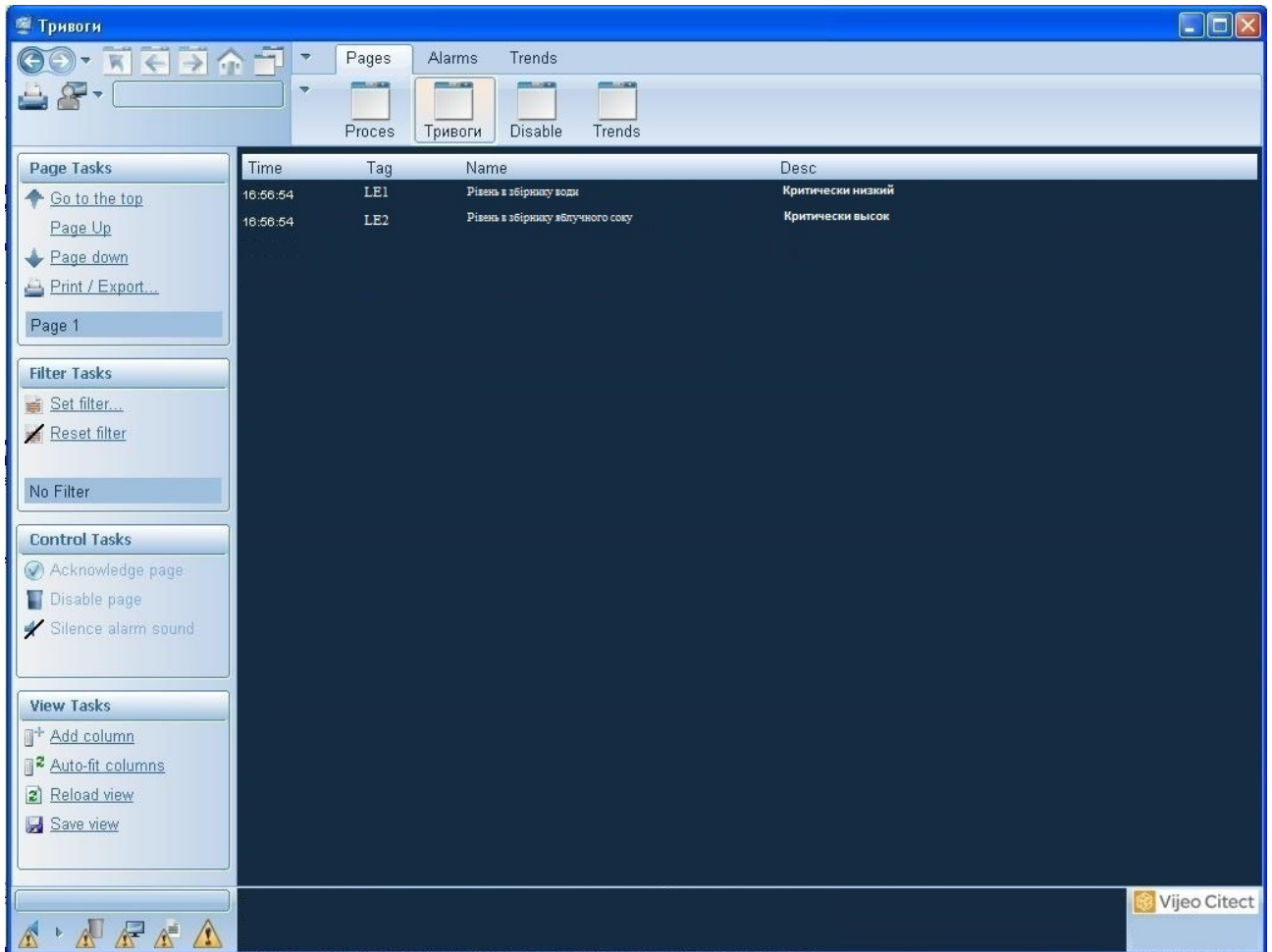


Рис.6.7. Вікно алармів

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

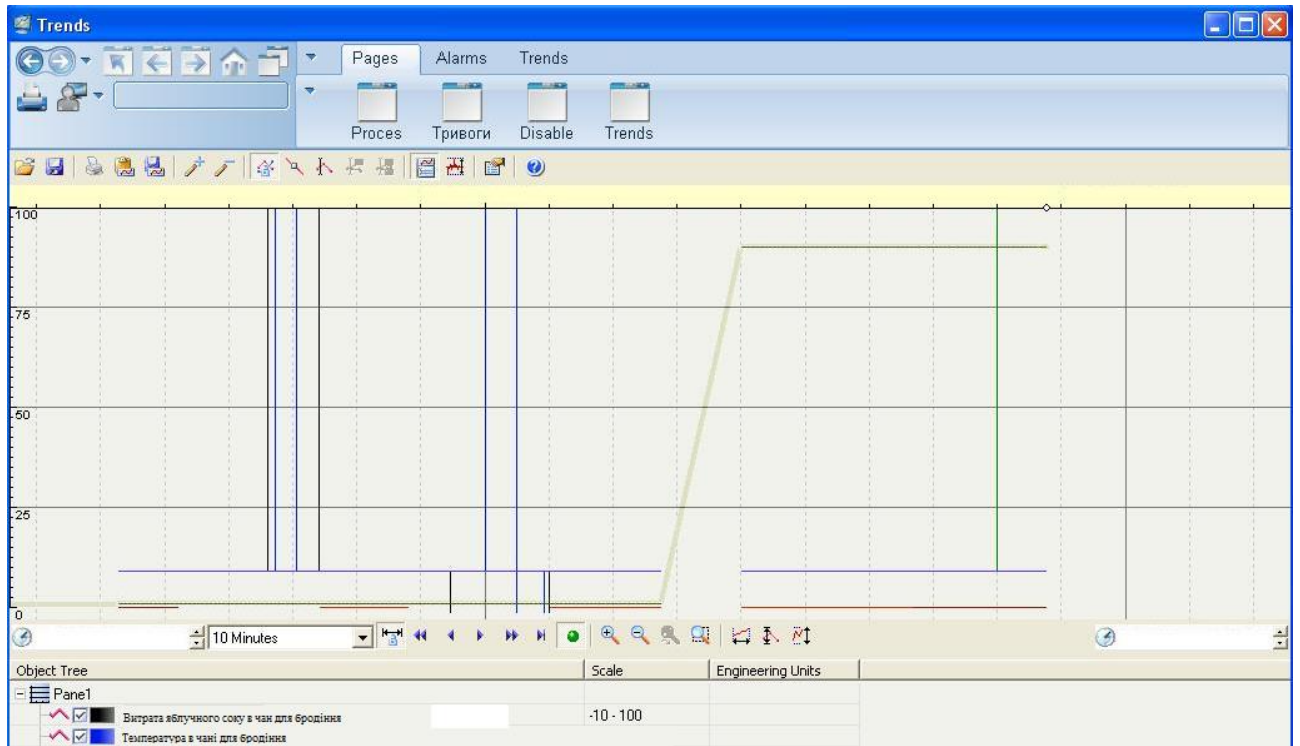


Рис.6.8. Вікно трендів

## 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

### 7.1. Постановка задачі дослідження.

У кваліфікаційній роботі в якості об'єкта автоматичного регулювання розглядається система контролю якості квасного сусла в бродильному чані. Основними факторами, що впливають на якість продукту, є температура суміші, точність дозування компонентів і тривалість процесу бродіння. Збуреннями для цієї системи виступають зміни витрати холодоагенту та інерційність системи, які можуть впливати на стабільність регулювання..

### 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.

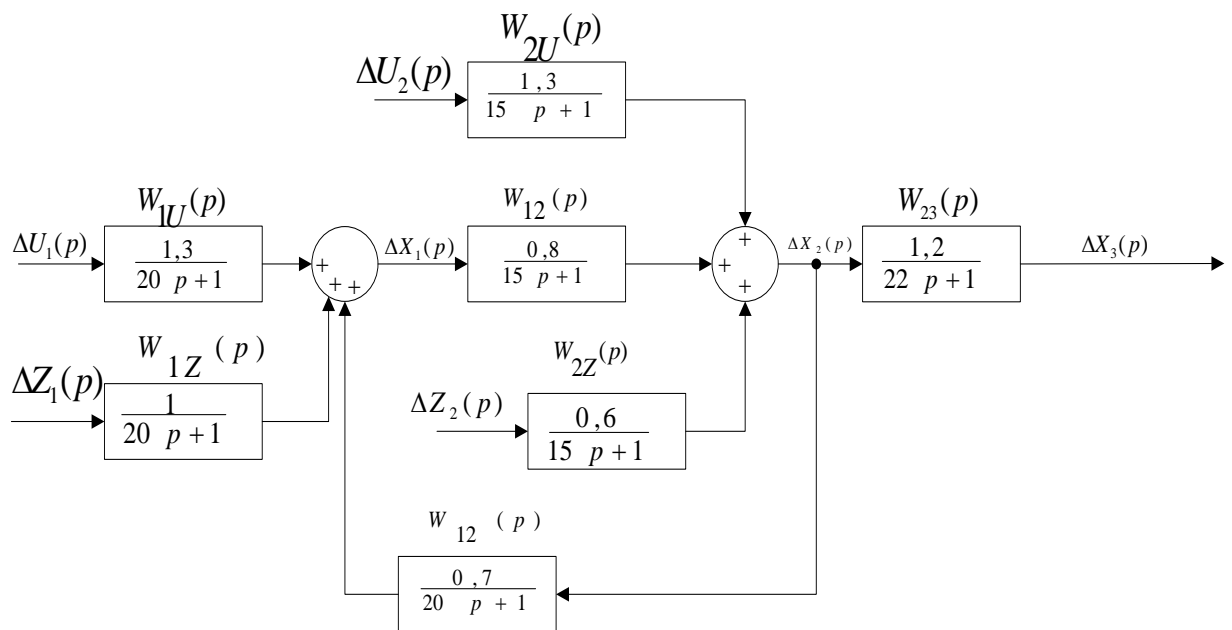


Рис. 7.1 Структурна схема АСР

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Букша В.О.			Розробка систем автоматизації виробничого процесу розливу напоїв	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мацебула Д.В.					72	9
Секретар		Проскурка Є.С.				НУХТ АК-4-1		
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.						

### 7.3. Моделювання САР.

При розробці системи автоматичного регулювання використовується метод регулювання за відхиленням (див. рис. 7.2). Вибір конкретного закону регулювання базується на вимогах до якості керування технологічним процесом (пункт 2.1.2). Насамперед розглядається можливість застосування одноконтурної системи автоматичного регулювання з використанням стандартних лінійних регуляторів, які реалізують пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ) або пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) закони регулювання.

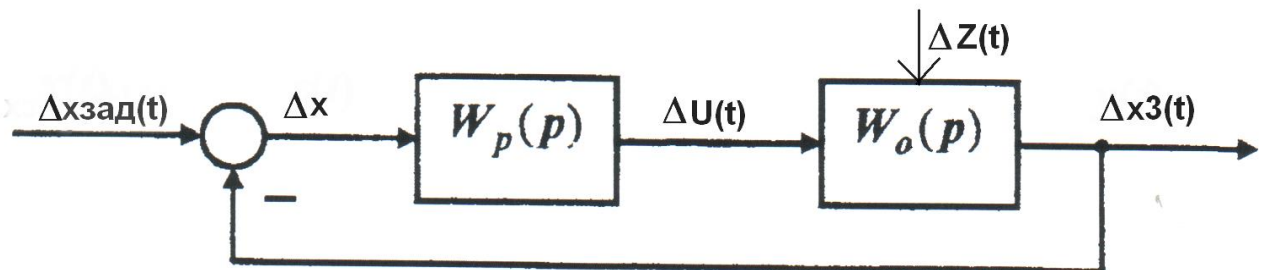


Рис. 7.2. Структурна схема одноконтурної АСР за відхиленням

Зображення за Лапласом регульованої величини  $\Delta X_3(p)$ , а також похибки регулювання  $\Delta X(p)$  отримують із співвідношень [3, 4, 7]:

$$\Delta X_3(p) = \Delta X_{зад}(p) \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} + \sum_{i=1}^n \Delta Z_i \frac{W_{Zi}}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)}, \quad (3.1)$$

$$\Delta X(p) = \Delta X_{зад}(p) \frac{1}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} - \sum_{i=1}^n \Delta Z_i \frac{W_{Zi}}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)}. \quad (3.2)$$

де  $\Delta X_{зад}(p)$  – зображення за Лапласом заданого значення регульованої величини;  $W_{U1}(p)$ ,  $W_{Zi}(p)$  – передаточні функції об'єкта за каналами управління та збурень;  $W_p(p)$  – передаточна функція регулятора.

Синтез САР починається із створення системи із застосуванням П-регулятора. Спочатку перевіряється відповідність статичної похибки системи її заданому значенню (додаток 2).

Похибка регулювання (розузгодження) в АСР має дві складові:

$$\Delta x(t) = \Delta x_{\text{зад}}(t) + \Delta x_z(t), \quad (3.3)$$

де  $\Delta x_{\text{зад}}(t)$  – похибка відтворення завдання;  $\Delta x_z(t)$  – похибка, створювана збуренням.

За кількох збурень похибка  $\Delta x_z(t)$  має відповідно кілька доданків. Значення статичної похибки  $\Delta x(t)$  вибирається згідно варіанту із додатку 2. Якщо  $\Delta x_{\text{зад}}(t) \neq 0$ , то додається складова похибки відтворення завдання.

Отже, для визначення статичної похибки системи потрібно спочатку підставити значення  $p = 0$  у відповідні передаточні функції об'єкта та регулятора, які входять до формули (3.2). Підстановка  $p = 0$  рівнозначна рівності нулю всіх похідних, тобто статичному режиму роботи системи. Для **системи стабілізації** похибку відтворення завдання приймають рівною нулю ( $\Delta x_{\text{зад}}(t) = 0$ ). Одноконтурна система стабілізації температури складається з об'єкта, описуваного системою рівнянь (2.2), та пропорційного регулятора. На об'єкт діють два ступінчасті (стрибкоподібні) збурення  $\Delta Z_1 = 20 \% \text{ XPO}$ ;  $\Delta Z_2 = 30 \% \text{ XPO}$ . Передаточні функції за каналом управління та збурень відповідають виразам (2.7...2.9). Визначити коефіцієнт передачі регулятора, за якого статична похибка регулювання не перевищить за модулем  $2^\circ\text{C}$ . Приймаємо передаточну функцію регулятора  $W_p(p) = K_p$ . Значення модуля статичної похибки  $\Delta x(\infty)$  визначається за виразом (3.2) з урахуванням  $x_{\text{зад}}(t) = 10^\circ\text{C}$ . За цих умов отримаємо мінімальне значення  $K_p = K_{p\text{min}}$ , за якого статична похибка буде дорівнювати  $2^\circ\text{C}$ :

$$|\Delta X(p)| = 10 \frac{1}{1 + 2,83K_p} - 20 \frac{2,18}{1 + 2,83K_p} - 30 \frac{1,63}{1 + 2,83K_p} ; \quad (3.4)$$

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

$$|2| = \frac{10 - 43,6 - 48,9}{1 + K_p \cdot 2,83}, \text{ звідки } |K_p| = \frac{-82,5 - 2}{2 \cdot 2,83} \approx 14,9 \% \text{ XPO}/^\circ\text{C}.$$

Можна зробити висновок, що при значеннях  $K_p \geq K_{p \min} = 14,9 \% \text{ XPO}/^\circ\text{C}$  статична похибка за модулем не буде перевищувати  $2^\circ\text{C}$ .

У випадку, коли статична похибка неприпустима, створюється системи стабілізації (використовується регулятор з астатичною складовою – ПІ- або ПІД-регулятор).

### Аналіз стійкості системи

Розроблена САР в першу чергу має бути перевіреною на стійкість. Найбільше розповсюдження для перевірки стійкості отримали алгебраїчний критерій стійкості Рауса-Гурвиця та частотний критерій Найквіста.

Коефіцієнт передачі П-регулятора  $K_p > 14,9$

У відповідності до критерія Гурвиця потрібно скласти визначник Гурвиця за характеристичним рівнянням замкненої системи  $W_{зам}(p)$  за каналом управління із розрахованим у прикладі 3.1 коефіцієнтом передачі

$K_{p \min}$  :

$$W_{зам}(p) = \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} = \frac{\frac{14,9 \cdot 2,83}{15000p^3 + 2431,8p^2 + 101,5p + 1}}{1 + \frac{14,9 \cdot 2,83}{15000p^3 + 2431,8p^2 + 101,5p + 1}}$$

$$= \frac{42,25}{15000p^3 + 2431,8p^2 + 101,5p + 43,25}$$

$a_3$                        $a_2$                        $a_1$                        $a_0$

Складаємо визначник Гурвиця:

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

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_2 & a_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2431,8 & 43,25 & 0 \\ 15000 & 101,5 & 0 \\ 0 & 2431,8 & 43,25 \end{vmatrix}$$

Звідси діагональні мінори:

$$\Delta_1 = 2431,8 > 0;$$

$$\Delta_2 = 2431,8 * 101,5 - 43,25 * 15000 = 246827,7 - 648750 = -401922,3 < 0;$$

Робимо висновок, що відповідно до критерія Гурвиця замкнена система є нестійкою.

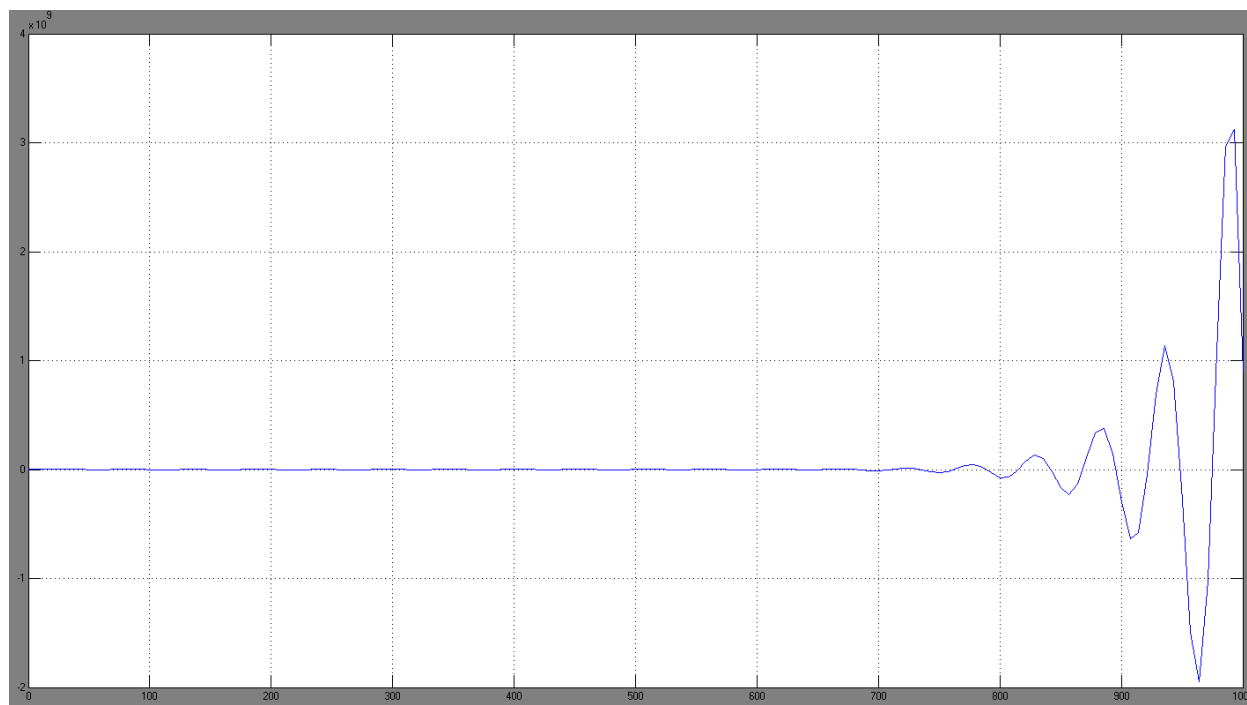


Рис 7.3 Перехідний процес АСР з ПІ-регулятором.  $K_p=14,9$ . (система нестійка)

### Настройка ПІД- регулятора

Настройки ПІД-регулятора визначаємо за допомогою Циглера –Ніколса. Для цього знаходимо  $K_p$  критичне, при якому система (рис. 7.5) знаходиться на межі стійкості(рис.2).

$K_p \text{ крит} = 5,6$ .  $T_p = 50$  (с).

Наближеним методом розрахунку параметрів настройок регуляторів є метод *незагасаючих* коливань (в технічній літературі його називають методом Ціглера-Нікольса). Замкнену систему автоматичного регулювання з П-регулятором переводять в режим автоколивань за допомогою збільшення  $K_{\text{рег}}$ . Якщо в системі працює П-регулятор, то  $T_i \rightarrow \infty$ , при ПД-регуляторі  $T_i \rightarrow \infty$ ,  $T_d \rightarrow 0$ . Для отримання автоколивань визначають критичні значення  $K_{\text{рег}}^{\text{крит}}$  і період  $T_p^{\text{крит}}$ . Тоді наближеними параметрами настройки ПД-регулятора будуть :

$$K_p = K_p(\text{крит}) * 0,6$$

$$K_i = (1,2 * (\text{крит})) / T_p$$

$$K_d = 0,075 * K_p(\text{крит}) * T_p$$

Зменшення коефіцієнта передачі регулятора дозволяє забезпечити необхідний запас стійкості, хоча в цілому отримані настройки не гарантують досягнення екстремуму показника якості, наприклад, інтегрального критерію.

$$K_p = K_p(\text{крит}) * 0,6 = 0,6 * 5,6 = 3,36;$$

$$K_i = (1,2 * (\text{крит})) / T_p = (1,2 * 5,6) / 50 = 0,1344;$$

$$K_d = 0,075 * K_p(\text{крит}) * T_p = 0,075 * 5,6 * 50 = 21;$$

Встановлюємо коеф. Настройки ПД-регулятора в структурну схему (рис.7.6) і отримуємо перехідний процес (рис.7.7), який має такі якісні показники:  $\phi = 0,9$ ,  $A_1 = 4,85$ . Порівнюючий його з перех. Процесом з П-регулятором можна сказати, що час регулювання у ПД-регулятора менший, але не набагато, ступінь затухання більший, і динамічна похибка також менша. Тобто робимо висновок, що використання ПД- регулятора в даному випадку доцільне.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

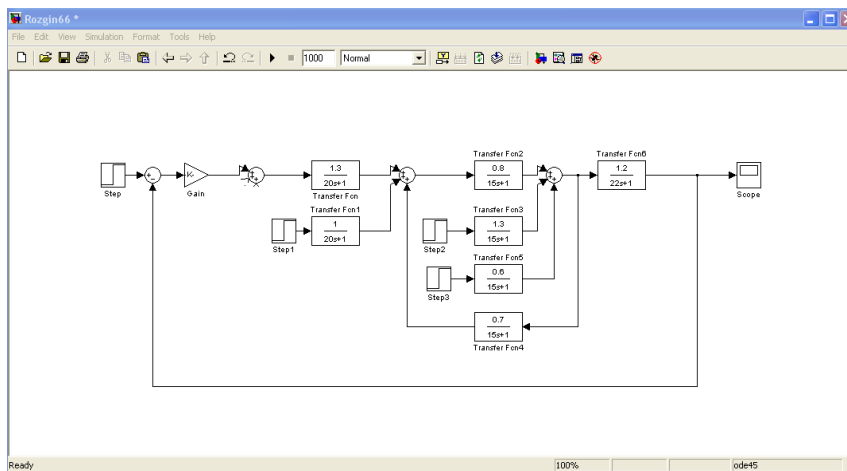


Рис. 7.4. Структурна схема АСР з П-регулятором

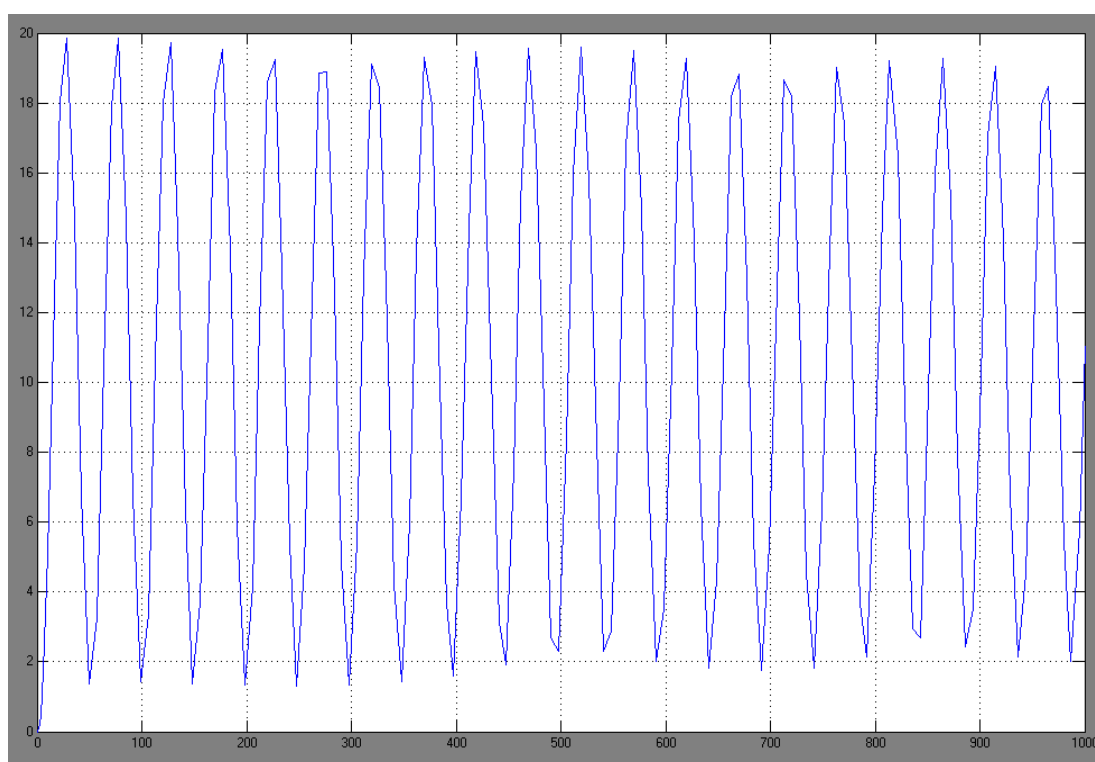


Рис. 7.5. Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі стійкості  
( $K_{п(крит.)}=5,6$ )

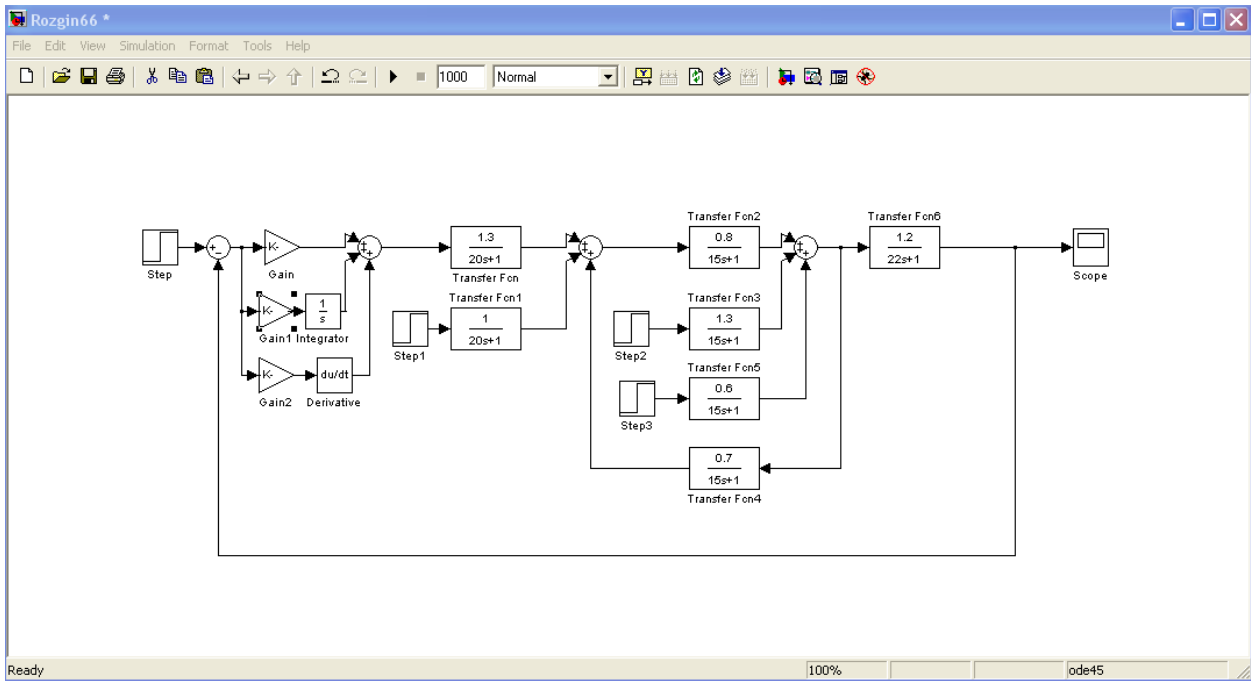


Рис. 7.6. Структурна схема АСР з ПІД-регулятором

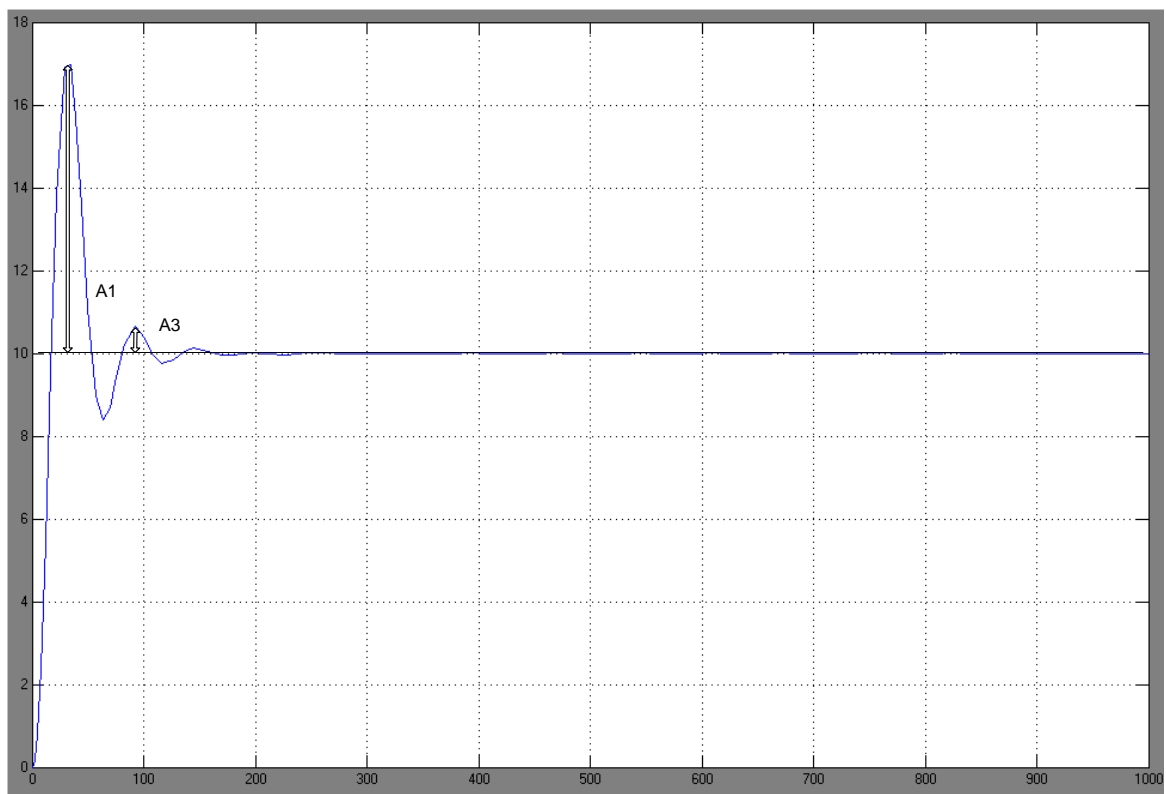


Рис. 7.7. Перехідний процес АСР з ПІД-регулятором.

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (6,9 - 0,6) / 6,9 = 0,9; \quad A1 = X1_{\max} = 6,9 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta X_{\text{ст}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C};$$

#### 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

Висновок: В даному розділі була складена структурна схема АСР, перевірена на стійкість з П-регулятором, та розраховані оптимальні настройки ПД-регулятора методом Циглера-Ніколсона. Ступінь затухання  $\phi=0,9$ , що характеризує систему з кращої сторони.

					Кваліфікаційна робота	Арк
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У цій кваліфікаційній роботі розроблено автоматизовану систему для контролю та управління процесом виробництва й розливу квасу. Вибір мікропроцесорного контролера здійснено з урахуванням необхідної кількості вхідних і вихідних сигналів для забезпечення ефективної взаємодії з обладнанням.

Для моніторингу ходу технологічного процесу та організації дистанційного оперативного управління як у звичайному режимі роботи контролера, так і в разі його відмови, створено SCADA-систему. Проте слід зазначити, що в реальних виробничих умовах застосування даної системи не рекомендується через її недосконалість і потребу в подальшому вдосконаленні.

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

## Бібліографічний список

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
4. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
5. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
6. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
7. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
8. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
9. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
10. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп'ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.

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

11. Луцька Н.М. Оптимальні та робасні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
12. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
13. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
14. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
15. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO [Текст]: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
16. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
17. 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
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

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.

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