

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем  
Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій  
систем управління

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Декан факультету

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Форсюк А.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Ельперін І.В.  
(прізвище та ініціали)

«\_\_» червня 2020 р.

«\_\_» червня 2020 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 системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-3ск Харченко Дмитро Сергійович  
(прізвище та ініціали)

Керівник Ладанюк Анатолій Петрович  
(прізвище та ініціали)                      \_\_\_\_\_  
(підпис)

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

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

Рецензент Самсонов Валерій Васильович  
(прізвище та ініціали)                      \_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

«27» квітня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Харченка Дмитра Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів  
керівник роботи Ладанюк Анатолій Петрович професор, доктор технічних наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «27» квітня 2020 р. № 269-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 9 » червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного

контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 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.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Харченко Д.С.

(підпис)

Керівник роботи Ладанюк А.П.

(підпис)

## Анотація

В кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів.

В проєкті представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – вимірювальний перетворювача температури SITRANS TF2, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Запропонована система автоматизації базується на мікропроцесорному контролері Modicon m340 фірми Schneider. Розроблено програму для регулювання і управління основними технологічними параметрами агрегату в середовищі Unity Pro.

Для візуалізації, контролю та управління створено проєкт з використанням SCADA-програми Zenon.

**Ключові слова:** M340, Zenon, SITRANS TF2.

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

## Anotation

In the qualifying work the development of the system of automation of the process of control of the vacuum device of periodic action with the use of intelligent flow meters is considered..

The project describes the process, the tasks for the automation system, the automation scheme, the specification of the automation equipment, the wiring diagram of the automation equipment – Temperature transmitter SITRANS TF2, the connection schemes of the sensors and actuators to the PLC and the extended circuitry for connecting the technical means.

The proposed automation system based on Modicon M340 microprocessor controller by Schneider company. The program for the management and control of basic technological parameters of the unit in an environment Unity Pro.

To visualize, control and management of a project using SCADA-program Zenon.

**Keywords:** M340, Zenon, SITRANS TF2.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	12
Розділ 2. Система автоматизації.....	13
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірюван виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	13
2.2. Схема автоматизації.....	33
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	37
Розділ 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	39
3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	39
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	42
3.2. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	43
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.....	44
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	47
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	53
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	53
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	54
7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.....	56
7.1. Постановка задачі дослідження.....	56
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	56
7.3. Моделювання САР.....	57
Висновок.....	61
Список використаної літератури.....	62

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Незважаючи на досить складну економічну ситуацію на Україні, в промисловості продовжується процес технічної модернізації технологічного обладнання і впровадження сучасних систем керування виробництвом. Це викликане, насамперед, тим, що без цього неможливо підвищити якість продукції і знизити витрати на її виробництво.

Сучасний стан розвитку систем автоматизації характеризується широким впровадженням різноманітних мікропро-цесорних засобів автоматизації: інтелектуальних датчиків, пристроїв керування, функціональних блоків, засобів відображення інформації, операторських панелей і інш. [4]

В кваліфікаційній роботі буде представлено розробку системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів.

Завданням розробки системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії є використання сучасних технічних засобів автоматизації та промислового логічного контролера (ПЛК) та розробка дисплейної мнемосхеми процесу виробництва.

Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням сучасних технічних засобів автоматизації повинна забезпечити оптимальне проведення технологічного процесу кристалізації цукру для отримання цукру високої, зменшення витрати теплоносіїв на виробництво за рахунок використання сучасних технічних засобів автоматизації та збільшення прибутковості виробництва цукру.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

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

Кристалізація цукру у продуктовому відділенні бурякоцукрового заводу здійснюється наступним чином. Очищений і уварений густий розчин цукру, що називають сиропом піддають уварюванню під розрідженням у вакуум-апаратах. Розчин стає перенасиченим і цукор виділяється з нього у вигляді кристалів, які очищуються і після просушування направляються на склад.

Ефект очистки цукру досягається за рахунок того, що при рості кристалів із розчину виділяється майже чиста цукроза. Отримана в результаті уварювання суміш кристалів і міжкристальної рідини, що називається утфелем, розділяється шляхом центрифугування. Чистий білий цукор, промитий водою, направляють в сушильно-пакувальне відділення, а рідину, що називається відтіком, уварюють повторно у вакуум-апаратах. Утфель, що утворився при цьому, розділяють на центрифугах. Відтік, що називається мелясою і містить у собі всі домішки, являється залишком цукрового виробництва, а цукор повертається на переробку.

Процес уварювання сиропу (відтіку), що також називається варкою утфелю, проводять у вакуум-апаратах періодичної дії, що знайшли найбільше розповсюдження у цукровому виробництві.

Вакуум-апарат являє собою вертикально розташований циліндричний корпус з конічним днищем, у який вбудовано широкий спускний отвір, який закривається шибером. Апарат має парову камеру, що пронизана гріючими трубами. Всередині труб та навколо парової камери знаходиться уварюваний продукт.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Харченко Д.С.			Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ладанюк А.П.					8	63
Зав. каф.						<i>НУХТ АК-4-3ск</i>		
Н. Контр.								
Затвердж.								

Обігрів парової камери у вакуум-апараті періодичної дії здійснюється вторинною парою випарної установки. Випарювана із утфельної маси вода у вигляді пари відбирається до барометричного конденсатора, вакуум у якому підтримується за рахунок різкого зменшення об'єму води, що переходить із газоподібного стану у рідкий.

Процес уварювання утфелю починається з набору сиропу, який всмоктується в апарат із збірника при відкритому положенні наборної комунікації. Далі вмикається обігрів і сироп під розрідженням кипить при температурі 70°C. На цій стадії процесу рівень підтримується постійним, концентрація сиропу і його в'язкість збільшуються, розчин стає перенасиченим. При досягненні необхідного перенасичення в апарат вводять порцію цукрової пудри, яка називається затравкою. Кожен із безлічі дрібних кристаликів, що складають цукрову пудру, служать центрами кристалізації. Починається наступна стадія – нарощування кристалів та доведення утфелю до заданих кондицій. Для отримання рівномірних кристалів застосовують підкачку сиропу, розчинюючи заново утворені дрібні некондиційні кристали. Подальше уварювання за безперервної підкачки призводить до утворення утфельної маси, яка заповнює весь корисний об'єм апарата.

Ефективність процесу уварювання утфелю характеризується величиною і рівномірністю кристалів, процентним вмістом їх в утфелі, тривалістю уварювання та масою увареного утфелю. Ці показники залежать від багатьох вхідних та проміжних величин, таких як хімічний склад і вміст домішок у сиропі, розрідження, температура гріючої пари, перенасичення цукрового розчину на різних стадіях процесу.

Найкращі умови протікання процесу кристалізації створюються шляхом стабілізації розрідження в апараті, підтримання заданого рівню сиропу при уварюванні його до заводки кристалів, дозування підкачуваного сиропу

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

згідно програми, яка забезпечує найбільшу швидкість росту кондиційних кристалів за рахунок підтримання заданого значення перенасичення розчину. Недостатнє розрідження викликає підвищення температури кипіння, що прискорює розпад цукрози. Недостатній рівень сиропу при набиранні його і уварюванні до подачі кристалів призводить до недостатньої кількості повноцінних кристалів, а надлишок сиропу на цій стадії – до збільшення часу уварювання. Надлишок відкачуваного сиропу може привести до розчинення уже створених центрів кристалізації, а недостатня кількість – до зменшення швидкості росту кристалів та зниження продуктивності вакуум-апарата.

У вакуум-апаратах уварюють сироп після випарної установки з метою отримання кристалізованого цукру. Технологічна схема руху продуктів у кристалізаційному відділенні передбачає роботу в дві або три стадії. На першій стадії в процесі уварювання сиропу в апаратах I продукту отримують утфель I кристалізації, а з нього після відповідної обробки білий цукор, білий і зелений відтіки.

Білий відтік повністю використовують в процесі уварювання I продукту, а зелений – на другій стадії роботи у вакуум-апаратах II продукту, з утфеля яких отримують бурий відтік, жовтий цукор і мелясу.

Бурій відтік повністю використовують в процесі II кристалізації. Меляса є залишком цукрового виробництва і її виводять в збірники, а жовтий цукор після розчинення соком II сатурації використовують в процесі I кристалізації.

При роботі по трипродуктовій схемі після II кристалізації отримують зелений і білий відтіки та жовтий цукор, який клерують і використовують на I кристалізації. Зелений і білий відтіки служать сировиною для проведення III кристалізації, в результаті якої отримують бурий відтік, бурий цукор і мелясу. Відтіки використовують у вакуум-апаратах III

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продукту, бурий цукор після клеровки в процесі I кристалізації, а мелясу відводять в збірники.

Процес кристалізації у вакуум-апаратах проводять в чотири етапи: згущування сиропу, заводка кристалів, нарощування кристалів і згущування утфелю. Стан продуктів на цих етапах характеризується коефіцієнтом перенасичення.

Кристалізаційне відділення на відміну від попередніх ділянок, розташованих по ходу технологічного процесу, має складнішу і більш розгалужену схему матеріальних потоків, велике число буферних збірників сиропу і відтіків, устаткування періодичної дії (вакуум-апарати, центрифуги). Цією особливістю матеріального потоку разом із застосуванням значного числа апаратів періодичної дії пояснюється використання в кристалізаційному відділенні різноманітної арматури, за допомогою якої в ході процесу здійснюють переключення потоків, регулювання їх інтенсивності та виконують допоміжні операції.

Технологічний регламент ведення процесу уварювання і конструкція вакуум-апаратів вимагають контролю і підтримки в заданих межах наступних параметрів: коефіцієнта перенасичення на різних стадіях уварювання ( $\alpha_{\text{пер}}=1-1,4$ ), рівня сиропу по висоті апарату, розрідження в апараті (0,08-0,09МПа), температури гріючої пари (105-115°C), абсолютного тиску пари (0,17МПа), температури утфелю в апараті (70-80°C), витрати конденсату з гріючої камери.

Роботу вакуум-апаратів і центрифуг регулюють так, щоб запобігти переповненню утфелемішалок і своєчасно підготувати їх до прийому утфеля. Спуск утфелю з утфелемішалок в утфелерозподілювачі для утфелів I і II і з приймальної мішалки утфеля III в мішалки-кристалізатори здійснюють невеликими дозами по мірі зниження рівня в розподілювачах і кристалізаторах в результаті витрати з них утфелю на центрифугування.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Режим охолодження і підігрівання утфелю III в кристалізаторах контролюють з метою забезпечення необхідного темпу кристалізації утфелю і підготовки його до отримання кристалів цукру. Нормальна робота уварювальних апаратів продуктового відділення забезпечується конденсаційною установкою, що створює розрідження у вакуум-апаратах і випарній установці, а також забезпечує відведення вторинної пари і неконденсованих газів із них.

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.

Таблиця 1.1 – Завдання на систему автоматизації

№	Місце відбору	Регульований параметр	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Вакуум апарат	Рівень	80%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі сиропу	
2	Вакуум апарат	Розрідження	80кПА	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан насиченої пари	
3	Вакуум апарат	Температура	75 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
4	Вакуум апарат	Електропровідність	78%	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі затравки	
5	Вакуум апарат	В'язкість	80%	Управління	Стан	Вплив на клапан спуску	
6	Трубопровід	Витрата сиропу	10 м3/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
7	Трубопровід	Витрата конденсату	0.2 м3/год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

## Розділ 2. Система автоматизації

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

#### Вимірювальний перетворювач тиску РС-28



Рисунок 2.1 - Вимірювальний перетворювач тиску РС-28

Перетворювач тиску РС-28 призначений для вимірювання розрідження, а також надлишкового й абсолютного тиску газу, пари та рідини. У зв'язку з невеликою масою, перетворювач можна встановлювати безпосередньо на об'єкті. Вимірювальним елементом датчика є пьезорезистивна кремнієва монолітна структура. Залита силіконовим компаундом електронна схема поміщена в корпусі зі ступенем захисту з IP 65 до IP 67 залежно від обраного електричного з'єднання. В якості процесних приєднань датчика доступна велика кількість різноманітних штуцерів, для різних середовищ вимірювання, діапазонів тиску та технологічних процесів. Споживач за

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Харченко Д.С.			Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ладанюк А.П.					13	63
Зав. каф.						<i>НУХТ АК-4-3ск</i>		
Н. Контр.								
Затвердж.								

допомогою потенціометрів має можливість коректування "нуля" і діапазону вимірювань в межах до 10% без взаємодії налаштувань. [6]

#### Особливості

- Межі вимірювань:
- від -0,1 до 100 МПа;
- Мінімальна ширина діапазону 1,6 кПа;
- вихідний сигнал 4 - 20 мА або 0 - 10 В;
- Вибухобезпечне виконання 0Exia ІІСТ6 Х

#### Перетворювач температури SITRANS TF2



Рисунок 2.2 - Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2

Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2 об'єднує три елементи в одному приладі:

- вбудований, параметруючий трьома клавішами вимірювальний перетворювач з РКД;
- термометр опору Pt100 в захисній трубці з нержавіючої сталі;
- корпус з нержавіючої сталі з високим класом захисту.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики SITRANS TF2

Термометр опору	Pt100 клас В по DIN IEC 751
<b>Вхід</b>	
Вимірювана величина	температура
Макс. діапазон вимірювання	-50 ... +200 °С
Макс. інтервал виміру	50 До
<b>Вихід</b>	
Вихідний сигнал	4 ... 20 мА, 2-проводний год
Нижня межа струму	мін. 3,6 мА
Верхня межа струму	макс. 23 мА
Вихід захищений від	сплутування плюсів, перенапруги і короткого замикання
Макс. навантаження	$(U_H - 12 \text{ V}) / 0,023 \text{ A}$
Характеристика	лінійна по температурі
<b>Точність вимірювання</b>	
Похибка вимірювання при 23 °С ± 5 К	$< \pm (0,45 \text{ K} + 0,2\% \text{ від кінцевого значення K} + 1 \text{ розряд в K})$
Час циклу вимірювання	$\leq 100 \text{ мсек}$
Вплив температури	$< \pm 0,15\%/10 \text{ K}$
Вплив харчування	$< \pm 0,01 \text{ від кінцевого значення/ V}$
Вібраційний вплив	$< \pm 0,05\%/g \text{ до } 500 \text{ Гц в усіх напрямках (по IEC 68-2-64)}$
<b>Умови використання</b>	
Зовнішні умови	
Зовнішня температура	-25 ... +85 °С
Діапазон температур для кращої считуваності	-10 ... +70 °С
Температура зберігання	-40 ... +85 °С
Клас захисту	IP65 по EN 60529
Електромагнітна сумісність	EN 61326/A2 додаток А (2001)
<b>Індикація і управління</b>	
Дисплей	РКД, макс. 5 розрядів, висота цифр 9

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

	мм
Дозвіл при макс. діапазоні вимірювання	0,01 °С
Місце десяткової коми	вільно параметрирується
Граничні значення	вільно параметрирується
Індикація перевищення граничного значення	червоний СІД і сигналізація на РКД (символ ↑ /символ ↓ при +/- перевищення)
Параметрування	через 3 клавіші
Одиниці	мА або % або Ω або фізична величина: °С, °F, °R, К
Демпфірування	між 0,1 і 100 сек (розмір кроку: 0,1 сек) вільно параметрирується
<b>Конструктивні особливості</b>	
Вага	≈ 0,7 кг
Матеріал частин, не стикаються з вимірюваним речовиною <ul style="list-style-type: none"> <li>• польовий корпус</li> <li>• кришка</li> </ul>	Ø 80 мм, нерж. сталь 1.4016 нерж. сталь 1.4016 зі склом
Матеріали частин, що стикаються з вимірюваним речовиною <ul style="list-style-type: none"> <li>• захисна трубка</li> <li>• ввинчиваючася цапфа на захисній трубці</li> </ul>	G1/2B по DIN 3852-2 форма А чи 1/2 " -14 NPT, нерж. сталь (матеріал Nr. 1.4571/316Ti)
Вимірювальна вставка	довжина, відповідна замовленої захисній трубці, нерж.сталь
Підключення дисплея до захисній трубці	радіальне (тип А), поворотне на макс. ± 120° (α) осьовий (тип В), поворотний макс. на ± 360°
Довжина захисної трубки (U <sub>1</sub> )	див. Замовні дані
Електричне з'єднання	через 2-плюсний піновий роз'єм з пластику з введенням кабелю M16x 1,5 EN 175301-803A або 1/2 " -14 NPT

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

SITRANS TF2 має корпус з нержавіючої сталі (Ø 80 мм) з захисним склом. Захисна трубка з нержавіючої сталі містить датчик температури Pt100. Завдяки використанню нержавіючої сталі захисна трубка має високу хімічну стійкість, що означає високий захист датчика температури від зовнішніх впливів.

Захисна трубка стандартно виготовляється з довжиною 170 мм або 260 мм. По замовленню також можливі інші довжини і матеріали захисної трубки. Також замовником може вибиратися матеріал захисної трубки.

На задній стороні корпусу розташоване електричне з'єднання для живлення за допомогою струмового петлі 4 ... 20 мА. Через піновий роз'єм EN 175301-803A здійснюється з'єднання [7]

### **Дисплей**

SITRANS TF2 має 5-ти значний дисплей за скляною кришкою. На дисплеї показується наступна інформація:

- виміряна температура;
- одиниця (° C, ° F, ° R або K або mA або%);
- +/- перевищення граничного значення, сигналізація через СІД і стрілочні символи на дисплеї.

### **Установка**

Установка SITRANS TF2 здійснюється через 3 клавіші управління за скляною кришкою під дисплеєм.

За допомогою клавіші "M" відбувається вибір режиму роботи.

Є такі режими роботи:

- виміряне значення;
- пароль;
- одиниця виміру;
- початок і кінець діапазону вимірювання;
- верхнє і нижнє граничне значення;
- калібрування вихідного струму.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Безконтактний радарний рівнемір Rosemount 5600



Рисунок 2.3 - Безконтактний радарний рівнемір Rosemount 5600

Радарні рівнеміри серії 5600 - інтелектуальні прилади для безконтактних вимірювань рівня різних продуктів в резервуарах і ємностях будь-якого типу і розмірів. Рекомендуються для технологічного обліку продуктів з похибкою вимірювань рівня  $\pm 5$  мм. Рівнеміри серії 5600 дозволяють здійснювати успішні вимірювання як в простих, так і складних умовах технологічного процесу. Завдяки високій чутливості радарні рівнеміри серії 5600 можуть застосовуватися для вимірювань рівня продуктів з малою діелектричною проникністю, працювати в широкому діапазоні значень температур і тисків, мають високу гнучкість вимірювань завдяки широкому вибору змінних антен і матеріалів, прості в обслуговуванні і управлінні, що в сукупності знижує витрати на обслуговування і володіння ними в цілому. [8]

### ОСОБЛИВОСТІ рівнемірів 5600

Для найскладніших застосувань:

- 4-х провідний рівнемір з максимальним відгуком і продуктивністю.

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

- Вимірювання рівня твердих речовин, рідин, суспензій в баках реакторів, в умовах швидкої зміни рівня і надлишкових умовах процесу.
- Вимірювання в умовах високих температур і тисків.
- Робота на великих діапазонах вимірювань.
- Висока гнучкість застосування завдяки широкому вибору матеріалів, приєднань, типів антен і додаткового обладнання.

### Віскозиметр ИВУ-02

Призначення віскозиметра - безперервне вимірювання та індикація в'язкості утфелю з передачею сигналу в систему автоматизації. Сигнал в'язкості використовується для контролю вмісту сухих речовин і для розгойдування (розведення) утфелю.

Складається віскозиметр з ротаційного датчика РДВ-02 і нормуючого перетворювача НВП-03.

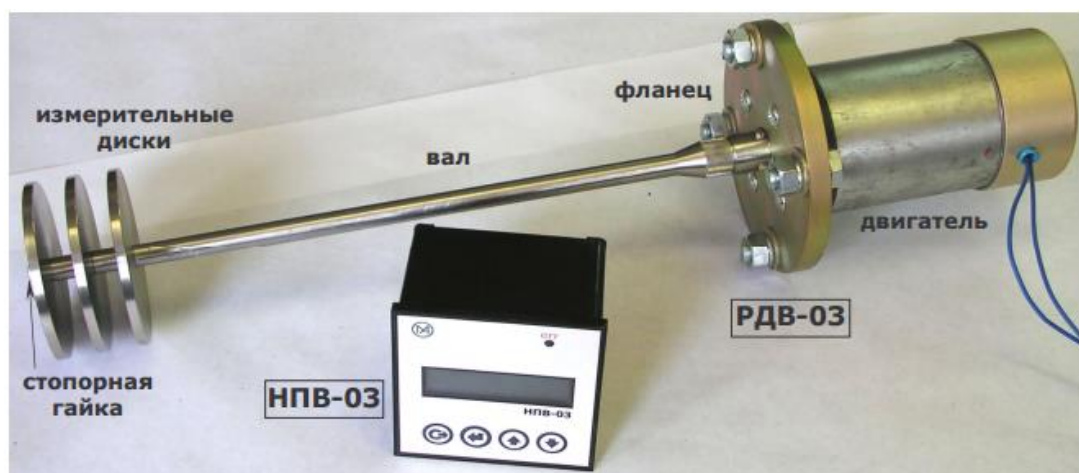


Рисунок 2.4 - Датчик в'язкості ИВУ-02

РДВ встановлюється за допомогою фланцевого з'єднання на ємність з утфелем, вал з вимірювальними дисками занурюється в утфель. Диски на валу знімні. 3 диска - це максимум, робочий варіант 1 або 2 диска.

Нормирующий перетворювач НГЗ-03 встановлюється в квадратний отвір у стінці і закріплюється гвинтами фіксаторів. На дисплеї безперервно індикуються значення в'язкості, всі настройки виконуються кнопками через меню.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Імпульсний перетворювач формує напруга на двигун незалежно від напруги живлення і робить вимір нечутливим до харчування. Живлення 24 В +/-10%, споживання до 1 А в залежності від в'язкості.

### ***Принцип вимірювання в'язкості***

У віскозиметрі використовується двигун постійного струму з незалежним збудженням, для якого струм якоря пропорційний моменту на валу.

Струм якоря знімається мікроконтролером з шунта через вузол гальванічної розв'язки, обробляється (масштабується, фільтрується) і передається на струмовий вихід. Таким чином, на вихід передається сигнал, пропорційний моменту на валу, який є однозначною функцією в'язкості і може бути використаний для управління технологічними процесами.

Точна настройка під двигун виконується за 2 точкам - холостий хід і повна зупинка двигуна. Налаштування краще всього виконувати на працюючому об'єкті, коли температура двигуна вийде на режим.

### ***Особливості***

- легко налаштовується через російськомовне меню. Структура меню схожа з мобільними телефонами. Налаштування через меню не порушує роботи і може виконуватися на працюючому віскозиметрі
- є можливість зупинки двигуна (двигун необхідно зупинити під час притискання до вакуум-апарату під час вивантаження або пропарювання)
- захист від короткого замикання двигуна
- визначається від'єднання і замикання двигуна і відображається світлодіодом
- токовий вихід гальванічно відділений від решти схеми, налаштовується на діапазони 0..5, 0..20, 4..20 мА і має вихідну напругу на менш 10 В (ГОСТ 26.011-80)

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

- контролюється реальний струм виходу і відхилення індикуються світлодіодом (у разі обриву лінії, перевантаження) [9]

### Кондуктометр ИПП-20

Кондуктометр ИПП-20 призначений для автоматичного безперервного перетворення електролітичної провідності (ЕП) водних розчинів електролітів в уніфікований безперервний сигнал постійного струму і візуальний сигнал вимірювальної інформації.

#### Технические характеристики кондуктометр ИПП-20:

Диапазон измерений	0,1 - 100 См/м
Основная приведенная погрешность, не более	±1,5 %
Температура анализируемой среды	±15 °С от градуировочной в диапазоне от 20 до 80 °С
Степень защиты, обеспечиваемая оболочками	IP40
Параметры питания	~ 220 В, 50 Г
Потребляемая мощность, не более	10 В·А
Габаритные размеры и масса, не более	
- измерительного преобразователя (ПИ)	205x300 мм, 3,0 кг
проточного типа	205x2000 мм, 4,0 кг
погружного типа	
- преобразователя передающего (ПП)	141x57x210 мм, 2,2 кг



Рисунок 2.5 - Кондуктометр ИПП-20

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Коріолісовий витратомір МЕТРАН-360

Метран-360 - коріолісовий витратомір призначений для вимірювання масового і обчислення об'ємної витрати рідких і газоподібних середовищ; використовується в системах автоматичного контролю і управління технологічними процесами в різних галузях промисловості, а також в системах комерційного обліку

Основні переваги:

- висока точність вимірювань параметрів протягом тривалого часу;
- можливість роботи незалежно від напрямлення потоку;
- відсутність прямолінійних ділянок трубопроводу до і після витратоміра;
- відсутність затрат на установку обчислювачів витрати;
- надійна робота при наявності вібрації трубопроводу, при зміні температури і тиску робочого середовища;
- тривалий термін служби і простота обслуговування завдяки відсутності рухомих частин;
- відсутність необхідності в періодичній перекалібровці і регулярному технічному обслуговуванні;
- можливість роботи від різних джерел живлення з допомогою самопереключаючогося вбудованого блокапітанія.



Рисунок 2.6 - Коріолісовий витратомір МЕТРАН-360

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

## Регулюючі клапани ARI-STEVI Smart 440/441



Рисунок 2.7 - Регулюючі клапани ARI-STEVI Smart 440/441

### Особливості конструкції

- Широкий діапазон регулювання: 50:1
- Характеристика регулювання: рівновідсоткова або лінійна
- Ущільнення затвор / сідло: метал / метал – клас герметичності IV згідно стандарту DIN EN 60534-4 (протікання 0,01% Kvs); метал / PTFE (опція)
  - Різноманітні типи ущільнення штока в залежності від робочих умов: шевронні манжети V-подібної форми з фторопласту PTFE, сальник з PTFE, графітові, ущільнення, двошаровий сальфон з н/ж сталі
  - Високий ресурс завдяки прецизійним направляючим штока та високій чистоті його полірованої поверхні
  - Виконання сідла, затвора та штоку з високоякісних термооброблених нержавіючих сталей
  - Кожний клапан в зборі з приводом тестується при випуску з виробництва на відповідність нормованому класу герметичності при паспортній величині тиску закриття.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Основні технічні данні ARI-STEVI модель 440 / 441

Номінальні діаметри	DN 15 .. 250
Номінальний тиск	PN16 / 25 / 40
Номінальна пропускна спроможність, Kvs	2,5..1000 м3/год
Температури робочого середовища	-60 .. +450 °C
Тип затвора	параболічний (стандарт), шліцьовий, збалансований по тиску
Приєднання	фланцеве по стандарту DIN
Приводи	електричні ARI-Premio®, Auma, FR (з аварійною функцією) та пневматичні DP

Таблиця 2.3 - Матеріали основних вузлів

Корпус	сірий чавун EN-JL 1040, високоміцний чавун EN-JS 1049, нормалізована вуглецева сталь 1.0619+N, кислотостійка н/ж сталь 1.4408 (CrNiMo)
Внутрішні деталі (сідло, затвор, шток)	— н/ж сталь 1.4021 + QT (Cr13 з загартуванням), 1.4571 (CrNiMoTi)
Сильфонні ущільнення штока	— н/ж сталь 1.4541 (CrNiTi), 1.4571 (CrNiMoTi)
Особливості конструкції	
Широкий діапазон регулювання	50
Характеристика регулювання	рівновідсоткова або лінійна
Ущільнення затвор / сідло	метал / метал – клас герметичності IV згідно стандарту DIN EN 1349 (протікання 0,01% Kvs); метал / PTFE (опція)

Електропневматичний перетворювач типу 6116 для сигналів постійного струму



Рисунок 2.8 – Електропневматичний перетворювач типу 6116

Електропневматичний перетворювач типу 6116 використовується для перетворення сигналів постійного струму на пневматичні вихідні сигнали для завдань вимірювання та керування. Електропневматичний перетворювач особливо корисний як проміжний елемент між електричними вимірювальними пристроями і пневматичними контролерами або між електричними пристроями керування і пневматичними клапанами-регуляторами.

Вхідний сигнал — незалежний від навантаження постійний струм 4...20 мА або 0...20 мА. Вихідний пневматичний сигнал — тиск 0,2...1 бар або в іншому діапазоні з верхньою границею 8 бар. [10]

Таблиця 2.4 – Технічні дані електропневматичного перетворювача 6116

Без вибухозахисту	Тип 6116-0																																
З вибухозахистом	Типи 6116-1/-2/-3/-4/-5/-6/-7																																
Вхід <sup>5)</sup>	4...20 мА, інші сигнали на запит Мінімальний струм >3,6 мА, падіння напруги в повному опорі ≤6 В (відповідає 300 Ом при 20 мА) Вибухозахищені версії: падіння напруги в повному опорі 7 В (відповідає 350 Ом при 20 мА) Версії без аварійних вимикачів: $R_i = 200 \text{ Ом} \pm 7,5 \%$																																
Вихід <sup>5)</sup>	0,2...1 бар (3...15 фунт/кв. дюйм) (модуль електропневматичного перетворювача типу 6109) 0,4...2 бар (6...30 фунт/кв. дюйм) (модуль електропневматичного перетворювача типу 6112) Регулювання спеціальних діапазонів відповідно до клієнтських специфікацій: <b>Вихідний діапазон = початкове значення<sup>10)</sup> + Діапазон <math>\Delta p</math> для модуля електропневматичного перетворювача типу 6112</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0,1...0,4 бар</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">0,75...1,0 бар</td> <td style="text-align: right;">Модуль А</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,1...0,4 бар</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">1,0...1,35 бар</td> <td style="text-align: right;">Модуль В</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,1...0,4 бар</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">1,35...1,81 бар</td> <td style="text-align: right;">Модуль С</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,1...0,8 бар</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">1,81...2,44 бар</td> <td style="text-align: right;">Модуль D</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,1...0,8 бар</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">2,44...3,28 бар</td> <td style="text-align: right;">Модуль Е</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,1...0,8 бар</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">3,28...4,42 бар</td> <td style="text-align: right;">Модуль F</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,1...1,2 бар</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">4,42...5,94 бар</td> <td style="text-align: right;">Модуль G</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,1...1,2 бар</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">5,94...8,0 бар</td> <td style="text-align: right;">Модуль H<sup>9)</sup></td> </tr> </table>	0,1...0,4 бар	+	0,75...1,0 бар	Модуль А	0,1...0,4 бар	+	1,0...1,35 бар	Модуль В	0,1...0,4 бар	+	1,35...1,81 бар	Модуль С	0,1...0,8 бар	+	1,81...2,44 бар	Модуль D	0,1...0,8 бар	+	2,44...3,28 бар	Модуль Е	0,1...0,8 бар	+	3,28...4,42 бар	Модуль F	0,1...1,2 бар	+	4,42...5,94 бар	Модуль G	0,1...1,2 бар	+	5,94...8,0 бар	Модуль H <sup>9)</sup>
0,1...0,4 бар	+	0,75...1,0 бар	Модуль А																														
0,1...0,4 бар	+	1,0...1,35 бар	Модуль В																														
0,1...0,4 бар	+	1,35...1,81 бар	Модуль С																														
0,1...0,8 бар	+	1,81...2,44 бар	Модуль D																														
0,1...0,8 бар	+	2,44...3,28 бар	Модуль Е																														
0,1...0,8 бар	+	3,28...4,42 бар	Модуль F																														
0,1...1,2 бар	+	4,42...5,94 бар	Модуль G																														
0,1...1,2 бар	+	5,94...8,0 бар	Модуль H <sup>9)</sup>																														
Макс. витрата повітря на виході <sup>3)</sup>	2,0 м <sup>3</sup> /год із тиском на виході 0,6 бар (0,2...1,0 бар) 2,5 м <sup>3</sup> /год із тиском на виході 1,2 бар (0,4...2,0 бар) 8,5 м <sup>3</sup> /год із тиском на виході 5,0 бар (0,1...8,0 бар)																																
Тиск подавання повітря	Принаймні на 0,4 бар вище за значення верхньої границі діапазону тиску керування, макс. 10 бар без регулятора тиску подавання повітря, макс. 6 бар для версії Ex d																																
Якість повітря за стандартом ISO 8573-1: 2001	Максимальний розмір і щільність часток: клас 4 · Вміст нафтопродуктів: клас 3 Точка роси під тиском: клас 3 або принаймні на 10 К нижче за найнижчу очікувану температуру довкілля																																
Витрата повітря <sup>2)</sup>	0,08 м <sub>n</sub> <sup>3</sup> /год при 1,4 бар 0,1 м <sub>n</sub> <sup>3</sup> /год при 2,4 бар Макс. 0,26 м <sub>n</sub> <sup>3</sup> /год при 10 бар																																
<b>Характеристика</b>	Характеристика: лінійна залежність вихідного сигналу від вхідного																																
Гістерезис	≤0,3 % від фінального значення																																
Відхилення від прямої, проведеної крізь мінімальне й максимальне значення	≤1 % від значення верхньої границі діапазону (для верхніх значень діапазону до 5 бар); точніші значення на запит ≤1,5 % від значення верхньої границі діапазону (для верхніх значень діапазону понад 5 бар)																																
Вплив у % на значення верхньої границі діапазону	Тиск подавання повітря: 0,1 %/0,1 бар <sup>2)</sup>																																
	Змінне навантаження, перебої з подаванням повітря, перебої вхідного струму: < 0,3 %																																
	Температура довкілля: нижче значення діапазону < 0,03 %/К, діапазон < 0,03 %/К																																

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

26

## Затвори дискові з пневмоприводом Арматек серії АП



Рисунок 2.9 - Дискові затвори з пневмоприводом

Діаметри: DN 32 600 мм

Робочий тиск PN 0,6 - 2,5 МПа

Принцип дії дискового затвора з пневмоприводом заснований на перетворенні енергії стисненого повітря в силу, що діє на запірний орган арматури, внаслідок чого здійснюється його поворот і відбувається затвор. Експлуатація дискових затворів з пневмоприводом можлива в різних технологічних процесах, що протікають на основі автоматичного управління.

При використанні пневмопривода працездатність системи управління не залежить від імовірності перегріву та перевищення моменту опору затвора. В зрівнянні з електроприводом, більша швидкодія здійснюється саме в пневматичному приводі дискового затвора. Технологія впровадження в систему безпеки трубопроводів найбільш проста при використанні дискових затворів з пневмоприводом. При відключенні стисненого повітря запірний орган дискового затвора повернеться в заздалегідь певне положення

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

(відкрито чи закрито). Це досягається в результаті уставки пружин в одну з порожнин пневматичного приводу.

Можлива експлуатація пневмопривода спільно з регулюючою арматурою. Таке застосування пневмопривода здійснюється після зупинки пневмопривода в середньому положенні за допомогою позиціонера. В системі автоматичного управління пневмопривідом можуть виконуватися функції запірної механізми і регулюючого механізми.

Пневмоприводи відрізняють компактні розміри, невелика вага, легкість монтажу на арматуру. Вбудована система регулювання обертання дозволяє налаштувати пневмопривід на необхідний кут відкриття і закриття затвора. Пневмопривод може бути підібраний під будь-яке значення силового тиску повітря. [11]

Характеристики пневмопривода стандартного виконання:

Алюмінієвий корпус, обробка внутрішньої поверхні  $Ra = 0,4-0,6$

Поршні з алюмінієвого сплаву, лиття під тиском

Кришка з алюмінієвого сплаву, лиття під тиском

Вал з вуглецевої сталі, нікельований

Керуюча середовище: сухе повітря класу 5 по ГОСТ 17433.

Тиск керуючої середовища: від 0,6 МПа до 0,8 МПа.

Температура навколишнього середовища в межах: від  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ступінь захисту: IP 65

Напруга живлення: 12, 24, 48, 110 V DC / 24, 48, 110, 220 V AC

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Розподільники Camozzi з електропневматичним і пневматичним управлінням серії NA



Рисунок 2.10 - Розподільники Camozzi

Розподільники мають приточну поверхню за стандартом NAMUR і призначені для установки безпосередньо на компоненти, що мають аналогічну поверхню, наприклад, на деякі поворотні циліндри. Всі розподільники Серії оснащені ручним дублюванням і можуть поставлятися з соленоїдами різної напруги, в тому числі у вибухобезпечному виконанні по стандарту UL і АТЕХ.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики Camozzi серії NA

Конструкція	золотникового типу (з пілотним керуванням)
Функція розподільника	3/2 - 5/2 - 5/3 пін / поз.
Матеріали	корпус - алюміній. золотник - нержавіюча сталь. ущільнення - NBR
Кріплення	два отвори про 5 мм в корпусі розподільника

Приєднання	2-4 = NAMUR 1 - 3 - 5 = G1 / 4
Установка	на пристрої з припливної поверхнею стандарту NAMUR
Робоча температура	0 .. + 60" С (при сухому повітрі 20'С)
Робочий тиск	1.5 - 10 бар при двосторонньому управлінні 2,5 - 10 бар при односторонньому управлінні
Номінальний тиск	6 бар
Номінальна витрата	Qn = 1000 Нл / хв
умовний прохід	8 мл
Робоче середовище	очищене повітря без необхідності маслораспилення. Потрібна установка відцентрового фільтра 25 мкм. забезпечує клас очищення повітря за стандартом ISO 8573-1: 2010 року (7: 8 4)

## Спеціальне завдання

У кваліфікаційній роботі проаналізовано сучасні витратоміри, насамперед інтелектуальні у відповідності до завдання. Витратомір — пристрій або устаткування для вимірювання витрат в однофазних потоках рідини. Інтелектуальні витратоміри здатні реєструвати та зберігати інформацію протягом певного періоду часу, відображати інформацію та проводити налаштування на вмонтованому дисплеї, використовувати різні протоколи підключення.

У даній роботі використовується електромагнітний витратомір Aplisens PEM-1000.



Рисунок 2.11 - Електромагнітний витратомір PEM-1000

Електромагнітний витратомір PEM-1000 призначений для вимірювання об'ємної витрати електропровідних рідин. Витратомір може вимірювати витрату і об'єм рідини, що пройшла через нього, як в прямому, так і в зворотньому напрямку. Для отримання більш точних результатів вимірювань потрібно, щоб вимірюване середовище повністю заповнювало трубу.

Витратомір не містить виступаючих внутрішніх елементів, завдяки цьому гідравлічні втрати на приладі мінімальні. Витратомір може

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

застосовуватися для вимірювання витрати в'язких рідин, емульсій, різних хімічних розчинів, в тому числі агресивних і т.п.

### Налаштування витратоміра

Налаштування витратоміра здійснюється за допомогою трьох кнопок і дисплея, які знаходяться під гвинтовою кришкою зі склом, або по зв'язку RS485 і протоколу Modbus RTU

### Приклади параметрів функцій:

- виявлення порожньої труби;
- роздільний або сумарний розрахунок загальної витрати в обох напрямках (лічильник);
- виявлення низької витрати;
- дозування;
- сигналізація;
- архівування результатів вимірювань і подій.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики витратоміра PEM-1000

Техническая спецификация	
Индикатор	Преобразователь
Минимальная проводимость измеряемой среды	≥ 5μS/см
Входное сопротивление	≥ 10 <sup>10</sup> Ом
Точность измерений по EN 29 104	±0,5% знач. показания в диапазоне 20...100% Qmax ±1% знач. показания в диапазоне 10...20% Qmax
Уровень отсечки низкого расхода	установленное значение
Мгновенный расход	двухнаправленный (л/с, м³/ч, м³/с, другие)
Баланс расходов	двухнаправленный (м³, л, другие)
Отсутствие расхода	обнуление в автоматическом режиме
Конфигурация	3 кнопки или RS485 и протокол Modbus RTU
Обнаружение пустой трубы	циклическое, программируемое
Аналоговый выход	активный сигнал 4...20mA/5000mV (выход пассивный – специальное исполнение)
Импульсный / частотный выход	макс. 24 В/10 мА ; 0,1...500 Гц в частотном режиме ; по 500 Гц в импульсном режиме
Пассивный выход, гальванически развязан, полярность произвольная	
Релейные выходы типа ОС	2 выхода типа открытый коллектор макс. 35V DC / 100 мА для каждого выхода гальванически изолированы, полярность произвольная
Коммуникационный выход	изолирован Modbus RTU/RS 485
Релейный вход	5...35 В / 2 мА
Пассивный вход, гальванически развязан, полярность произвольная	
Питание	от сети : 90...260 В / 50 Гц/15 ВА низковольтное, 10...36 В / 15 Вт
Степень защиты	IP66 (IP67 – специальное исполнение)
Диапазон температур окружающей рабочей среды	-20...60°C
Номинальный диаметр	DN 10...1000, (ANSI 0.5"...40")
Максимальное давление	Стандарт 1,6 МПа (2,5 МПа, 4 МПа)
Присоединения к процессу	фланцы DIN (ANSI, BS)
Диапазон рабочих температур (темпер. окр. среды)	-20...60°C
Диапазоны температур для изолирующих покрытий	резина : -5... 90°C фторопласт : -25... 130°C
Соединительный кабель	8 м (12, 24, 32, 40, 48 м)
Электроды	сталь 1.4571 (316Ti) (сталь 1.4404 (316L), Hastelloy, Тантал, Титан, Платина)
Труба преобразователя	Сталь 1.4541 (321)
Изолирующее покрытие	Резина (мягкая), твердая DN20...1000 Фторопласт DN10...500 Halar ECTFE DN350...600
Внешний корпус и фланцы	углеродистая сталь нержавеющая сталь 1.4301 (304), или 1.4541 (321)
Защита от коррозии	Лакокраска Acrymetal
Аксессуары	Заземляющие кольца из нержавеющей стали для труб DN10...DN40 не металлических
Питание катушки возбуждителя	Из индикатора
Класс изоляции катушки возбуждителя	E
Степень защиты	IP67 (IP68 – специальное исполнение)
Принцип измерения	электромагнитный
Дополнительные исполнения преобразователя	нержавеющая сталь гигиенические соединения DIN, Clamp, SMS

## 2.2. Схема автоматизації

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

Система регулювання процесами в вакуум апараті є досить складною через завдання регулювання і підтримування на заданому рівні параметрів, що забезпечують достатню кінцеву якість вихідного продукту, та безпеці експлуатації даних засобів автоматизації.

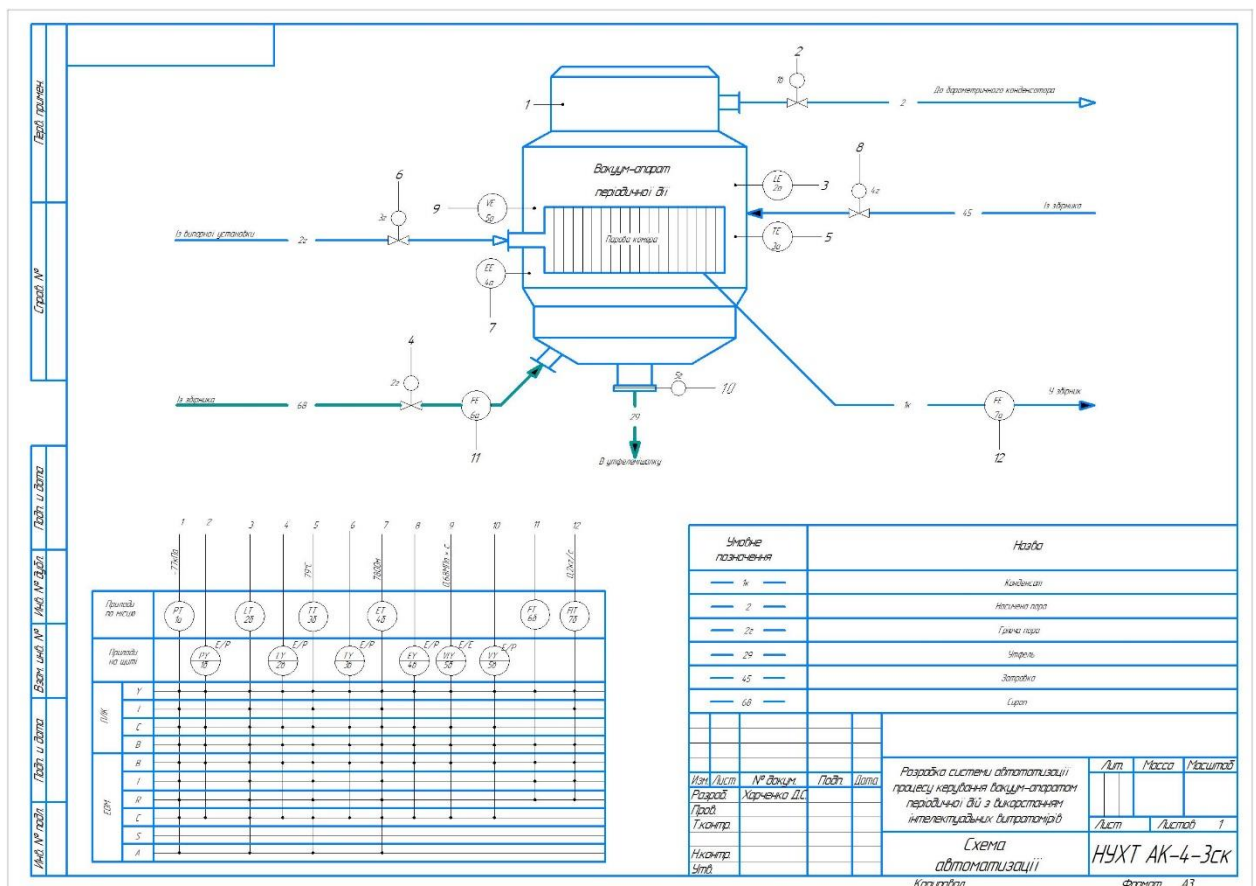


Рисунок 2.11 – Схема автоматизації

### Розрідження

Розрідження в апараті створюється відкриттям запорного органу на вакуумній лінії до барометричного конденсатора. Вимірюється даний

параметр у верхній частині вакуум-апарату перетворювачем вакуумметричного тиску типу РС-28 (1а), який видає уніфікований сигнал постійного струму 4..20мА на вхід мікропроцесорного контролера. Після отримання команди системи про початок технологічного процесу і отримання інформації про відсутність вакууму в апараті, МПК видає керуючий сигнал 4..20мА на входні клеми електропневматичного перетворювача типу ЕВ-6116 (1б), а з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан АRI-STEVI 440 / 441 (1г). Поршень виконавчого механізму за рахунок лінійного переміщення відкриває регулюючу заслонку на вакуумопроводі перед барометричним конденсатором на певний кут і в апараті створюється задане розрідження. В процесі подальшого протікання процесу заслонка постійно залишається відкритою на певну величину, її положення змінюється у відповідності до величини заданого значення і закону регулювання в програмі користувача.

#### Рівень

Від контуру регулювання рівня в апараті напряму залежить якість вихідного продукту, ступінь його готовності. Рівень вимірюється за допомогою радарного рівнеміра Rosemount 5600 (2а), сигнал якого 4..20 мА поступає на контролер, на виході з якого сигнал поступає на електро-пневно перетворювач ЕВ-6116 (2в), а з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан АRI-STEVI 440 / 441 (2г), який змінює кількість сиропу, що надходить в резервуар.

#### Температура

Після наповнення апарату до визначеного рівня відбувається нагрівання сиропу до температури кипіння. Нагрівання та подальше регулювання температури продукту здійснюється подачею пари із парового колектора у парову камеру апарата. Температура вимірюється термометром опору Sitrans TF2 (3а), сигнал якого 4..20 мА поступає на МПК,

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на виході з МПК сигнал поступає на електро-пневно перетворювач EB-6116 (Зв), а з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан ARI-STEVI 440 / 441 (Зг), змінюючи кількість пару, що надходить у вакуум апарат. Зміна положення регулюючого органу під дією регулюючого тиску стисненого повітря призводить до зміни витрат гріючої пари у парову камеру, що, в свою чергу, змінює інтенсивність нагрівання робочої суміші.

#### Електропровідність цукрового розчину

Електричний опір утфелю вимірюється кондуктометричним перетворювачем типу ИПП-20 (4а, 4б), який складається із вимірювального електрода і нормуючого перетворювача, що монтується по місцю безпосередньо на апараті. Перетворювач надсилає інформацію про стан параметру у вигляді уніфікованого сигналу постійного струму 4..20мА на МПК. При досягненні величиною електричного опору утфелю значення, при якому вводиться затравка мікропроцесорний пристрій на клеммах дискретного виводу генерує сигнал управління, який надходить на клеми пневматичного розподільвача типу Samozzi серії NA (4в), який подає стиснене повітря на дискові затвори з пневмоприводом Арматек серія АП (4г).

#### В'язкість продукту

В'язкість вимірюється перетворювачем в'язкості утфелю типу ИВУ-03 (5а, 5б), який складається із ротаційного датчика типу РДВ-02 (5а) та нормуючого перетворювача типу НВП-03 (5б). Нормуючий перетворювач перетворює сигнал частоти обертання двигуна ротаційного датчика в уніфікований сигнал постійного струму 4..20мА, який надходить на МПК. Після досягнення уварюванням продуктом кінцевих параметрів система видає командні сигнали управління на закривання запорних органів на вакуумопроводі, паропроводі та трубопроводі подачі цукрового сиропу, а також сигнал на відкривання запорного органу на лінії вивантаження

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

утфелю. На цьому процес уварювання закінчується. Сигнал на вивантаження утфелю надходить на входні клеми пневматичного розподільвача типу Camozzi серії NA (5в), який подає стиснене повітря на дискові затвори з пневмоприводом Арматек серія АП (5г). Поршень циліндра за рахунок лінійного переміщення відкриває регулюючий шибер на лінії вивантаження і утфель зливається із апарата. Після зниження рівня в апараті до нульового значення подача сигналу припиняється і виконавчий механізм повертається у початкове положення.

### Витрата

У розробленій системі передбачається контроль у автоматичному режимі витрат конденсату із парової камери у збірник. Витрати вимірюються коріолісовим витратоміром типу Метран-360R (7а), який змонтований безпосередньо на конденсатопроводі. Перетворювач має рідкокристалічний дисплей, що дозволяє знімати покази безпосередньо по місцю. Витратомір видає уніфікований сигнал постійного струму 4..20мА на вхід МПК.

Витрати сиропу вимірюються електромагнітним витратоміром Aplisens типу PEM-1000 (6а), який змонтований безпосередньо на трубопроводі. Перетворювач має рідкокристалічний дисплей, що дозволяє знімати покази безпосередньо по місцю. Витратомір видає уніфікований сигнал постійного струму 4..20мА на вхід МПК.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.6 – Специфікація засобів автоматизації

№ п\п	Найменування и технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниці	Кількість	Примітка
1	2	3	4	5	6
1а	Перетворювач надлишкового тиску.	РС-28	шт.	1	4...20mA 0..10 V
2а, 2б	Радарний датчик рівня Rosemount серії 5600	Rosemount 5600	шт.	1	
3а, 3б	Вимірювальний перетворювач температури	SITRANS TF2	шт.	1	4...20mA
4а, 4б	Кондуктометричний перетворювач опору утфелю.	ИПП-20	шт.	1	
5а, 5б	Вимірювальний перетворювач в'язкості утфелю.	ИВУ-03	шт.	1	4...20mA
6а, 6б	Електромагнітний витратомір Aplisens	РЕМ- 1000	шт.	1	4...20mA
7а, 7б	Коріолісовий витратомір	Метран- 360R	шт.	1	4...20mA

1в, 2г, 3г	Прохідні регулюючі сідлові клапани	ARI- STEVI® модель 440 / 441	шт.	3	
4г, 5г	Затвори дискові з пневмоприводом	Серія АП	шт.	2	
1б, 2в, 3в	Перетворювач електропневматичний	SAMSON EB 6116	шт.	3	
4в, 5в	Розподільники з електропневматичним і пневматичним управлінням	Camozzi серії NA	шт.	2	
G2	Блок живлення	ZI 240-24	шт.	1	10А, 24В
	Програмований контролер	M340	шт.	1	Schneider

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

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

Modicon M340 - промисловий контролер нового покоління фірми Schneider Electric, для програмування якого використовується програмне забезпечення UNITYPRO.

Стандартний і вдосконалений процесорні модулі платформи автоматизації Modicon M340 забезпечують повноцінне керування всім монтажним шасі ПЛК, оснащеним максимум 11 слотами під установку:

- модулів дискретного вводу-виводу;
- модулів аналогового вводу-виводу;
- спеціалізованих модулів (рахункового, зв'язку по Ethernet TCP / IP та ін.).

П'ять процесорних модулів відрізняються один від одного за обсягом пам'яті, швидкості обробки даних, типу і кількості портів зв'язку і максимальній кількості каналів введення-виведення.

Крім цього, в залежності від моделі, процесорний модуль може мати (не додаються):

- від 512 до 1024 каналів дискретного введення-виведення;
- від 128 до 256 каналів аналогового введення-виведення;
- від 20 до 36 счетних каналів;
- від 0 до 3 портів Ethernet Modbus / TCP (з вбудованими портом і мережевим модулем або без них).
- 4 «Full extended master» (AS-Interface V3), профіль M4.0.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Харченко Д.С.			Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів		
Перевір.		Ладанюк А.П.				39	63
Зав. каф.						<i>НУХТ АК-4-3ск</i>	
Н. Контр.							
Затвердж.							

## Конфігурування МПК MODICON M340

Для розробки системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів в якості контролера було обрано Modicon m340 фірми Scheider з процесорним модулем ВМХ Р34 1000.

Таблиця 3.2. Вибрані модулі для ПЛК М340

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
ВМХ ХВР 0800 Шасі	1	Шасі для встановлення блоку живлення, процесора та модулів розширення.
ВМХ СРС 2000 Блок живлення	1	Напруга живлення 100...240 VAC; Загальна корисна потужність (PPS) 20 Вт; Потужність на виході 3V3_VAC монтажного шасі 8,3 Вт (2,5 А); Потужність на виході 24V_VAC монтажного шасі 16,5 Вт (0,7 А); Максимальна сумарна потужність на виходах 3V3_VAC та 24V_VAC (P3V3_24V) 16,5 Вт; Сумарна корисна потужність на споживання зовнішніми датчиками 24V_SENOSRS 10,8 Вт (0,45 А).
ВМХ Р34 1000 Центральний процесор	1	Макс. кількість шасі: 2; дискретних вх+вих. 512; аналогових вх+вих 128; лічильних каналів 20; Об'єм RAM: загальний розмір 2048 Кб; Макс. кількість об'єктів: локалізовані внутрішні біти %Mi 16250; локалізовані внутр. Слова %MWi 32464.
ВМХ АМІ 0810 Модуль аналогових входів	1	Діапазон сигналу 10В,0...10В,0...5В, ...20мА,4...20 мА; Характеристики каналів: 16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс; Підключення: 20-контактна з'ємна колодка.

BMX AMO 0410 Модуль аналогових виходів	1	Діапазон сигналу $\pm 10\text{В}$ , $0 \dots 20\text{мА}$ , $4 \dots 20\text{ мА}$ ; Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами Підключення 20-конт. з'ємна колодка.
BMX DDO 1602 Модуль дискретних виходів	1	Сигнал: 24 VDC; Кількість виходів: 16; Підключення: 20-контактна з'ємна колодка.

На рисунку 3.2 наведено конфігурування контролера в програмному пакеті Unity Pro

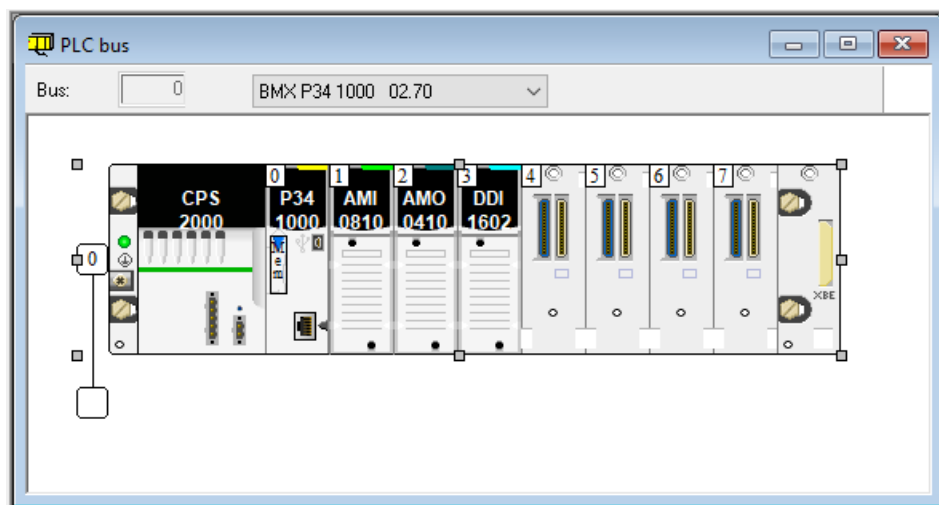


Рис 3.2 - Проектне компонування в програмному пакеті Unity Pro

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

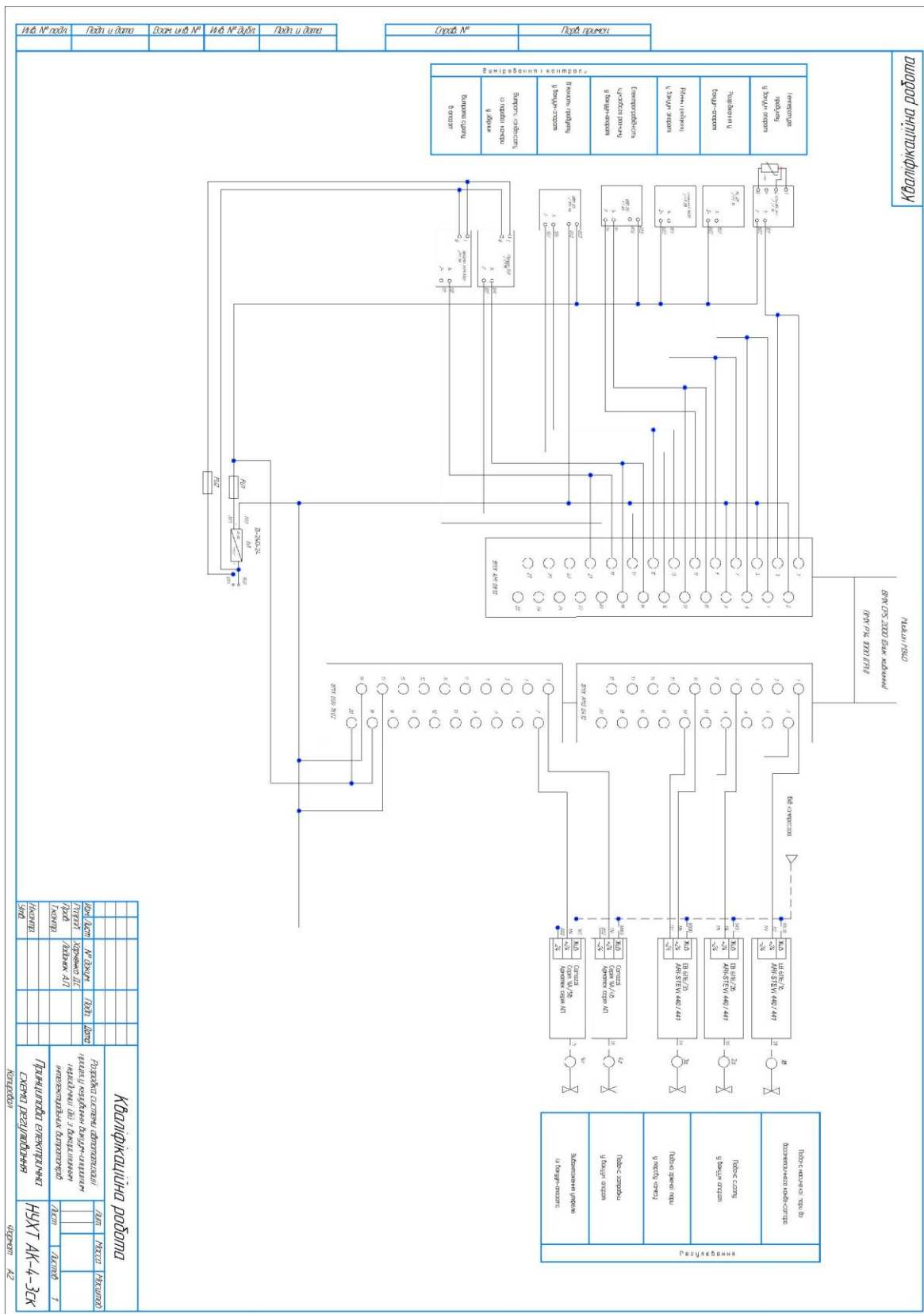


Рисунок 3.3 - Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

### 3.2. Розширені схеми підключення для окремого контуру

#### Контур контролю розрідження

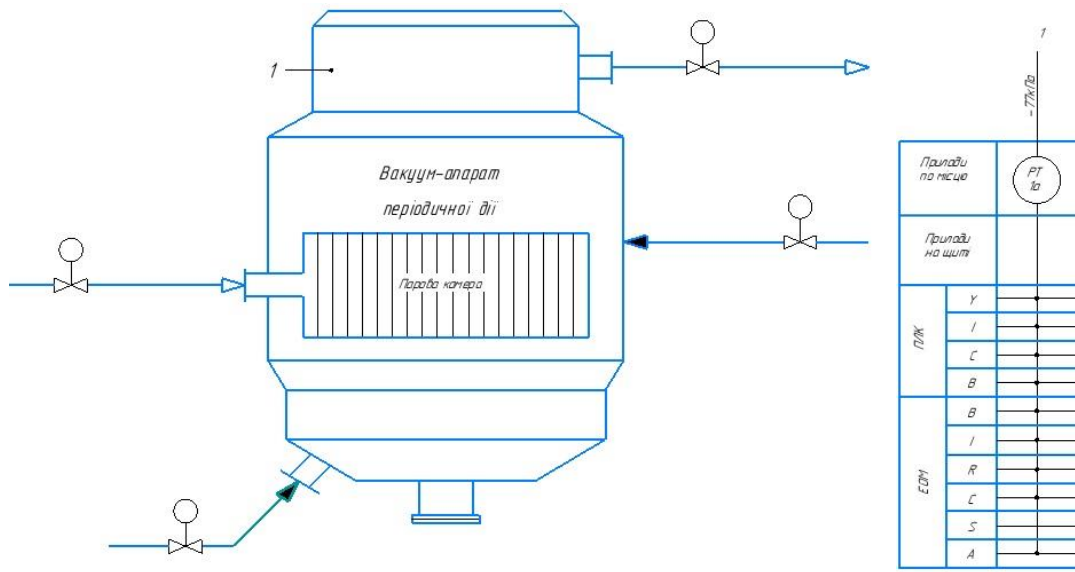


Рис. 3.4 - Функціональна схема автоматизації контуру контролю розрідження

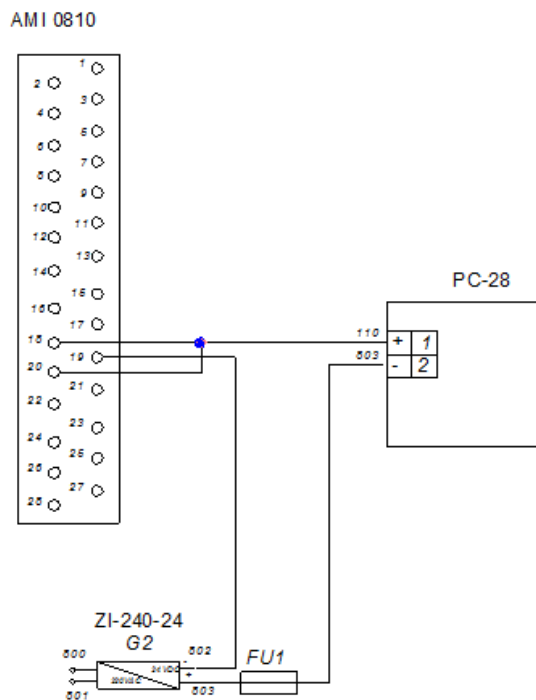


Рис. 3.5 – Схема підключення датчика тиску PC-28

**Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.**  
**Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2**

В кваліфікаційній роботі використовується вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2 через високу точність та здійснення зручного монтажу цього приладу. Загальний вигляд приладу представлено на рис. 4.1



Рис. 4.1 - Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2

SITRANS TF2 являє собою датчик температури з цифровим дисплеєм і термометром опору з сенсором Pt100 для використання в польових умовах.

Прилад використовується для індикації і контролю вимірюваної температури місці установки.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів	Літ.	Арк.	Аркушів
							44	63
Розроб.		Харченко Д.С.				<i>НУХТ АК-4-3ск</i>		
Перевір.		Ладанюк А.П.						
Зав. каф.								
Н. Контр.								
Затвердж.								

## Принцип дії



Рис. 4.2 - Принцип дії вимірювального перетворювача температури SITRANS TF2

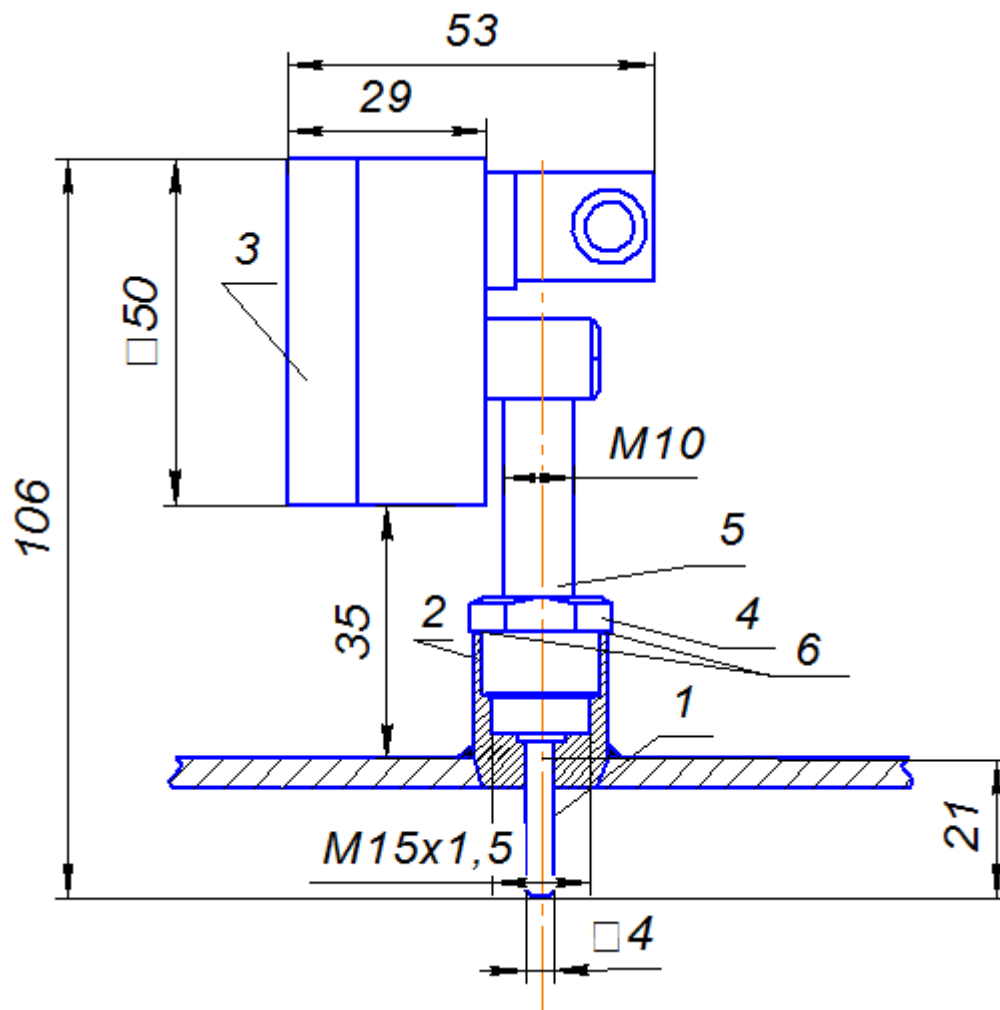
Живлення зовнішнього датчика температури Pt100 здійснюється з джерела постійного струму  $I_k$ . Тим самим через датчик створюється відповідне температурі падіння напруги.

Падіння напруги перетворюється на аналогово-цифровому перетворювачі (A / D) в цифровий сигнал.

У мікроконтролері ( $\mu C$ ) цифровий сигнал лінеаризується і оцінюється згідно із зафіксованими в EEPROM даними. Підготовлені значення відображаються на дисплеї.

Крім цього значення через цифро-аналоговий перетворювач (D / A) і перетворювач напруги / струм (U / I) перетворюються в лінійний по температурі сигнал струму  $I_A$  (4 ... 20 mA). [6]

## Монтаж вимірювального перетворювача температури SITRANS TF2



Позиція	Найменування	К-сть	Примітка
1	2	3	4
1	Термометр опору	1	
2	Бобишка	1	
3	Дисплей	1	
4	Зажимний гвинт	1	
5	Захисна трубка	1	
6	Ущільнююча прокладка	1	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

46

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

### Алгоритм програми

1. Натискається кнопка ПУСК. Включається регулятор розрідження і тиск в апараті керуючи клапаном розрідження підтримується на рівні 20кПа.
2. Після досягнення розрідження відкривається клапан набору на 50% і апарат заповнюється сиропом.
3. При досягненні рівня 60% підтримувати температуру 75С.
4. При досягненні електричного опору утфелю заданого значення, на 20 секунд відкривається клапан подачі пудри та вводиться затравка в апарат.
5. При досягненні в'язкості 90% закрити клапан гріючої пари, розрідження, набору. Відкрити клапан зливу та почати вивантаження утфеля.
6. Після того як апарат став порожнім, цикл повторюється.

### Конфігурування модулів

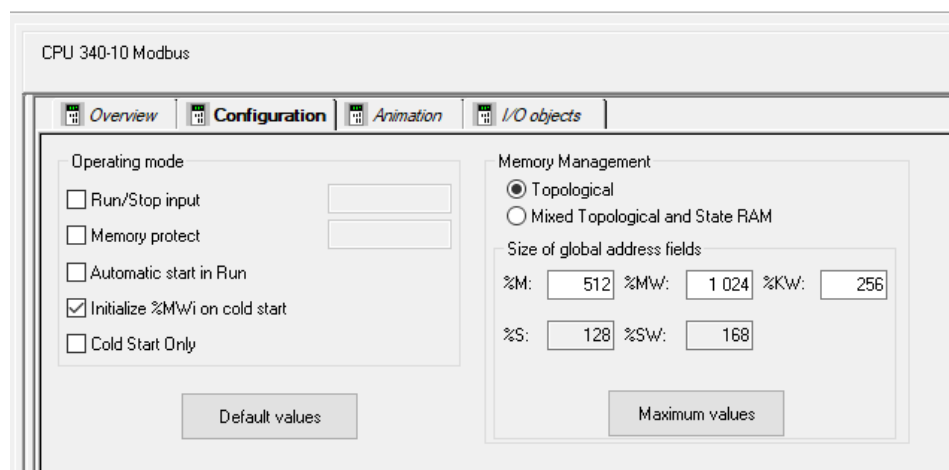


Рис. 5.1 - Конфігурування процесорного модуля Р34 1000

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Харченко Д.С.			Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ладанюк А.П.					47	63
Зав. каф.						НУХТ АК-4-3ск		
Н. Контр.								
Затвердж.								

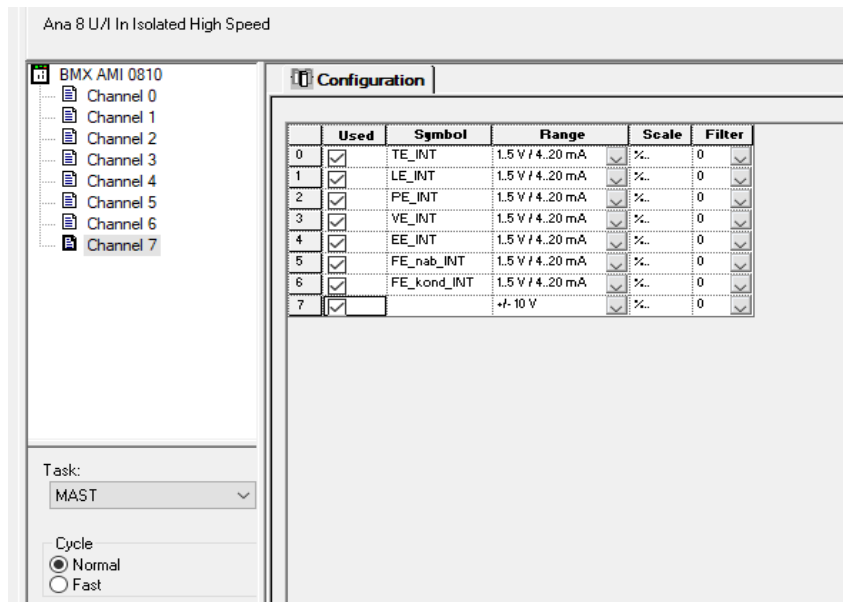


Рис. 5.2 - Конфігурування модуля аналогових входів BMX AMI 0810

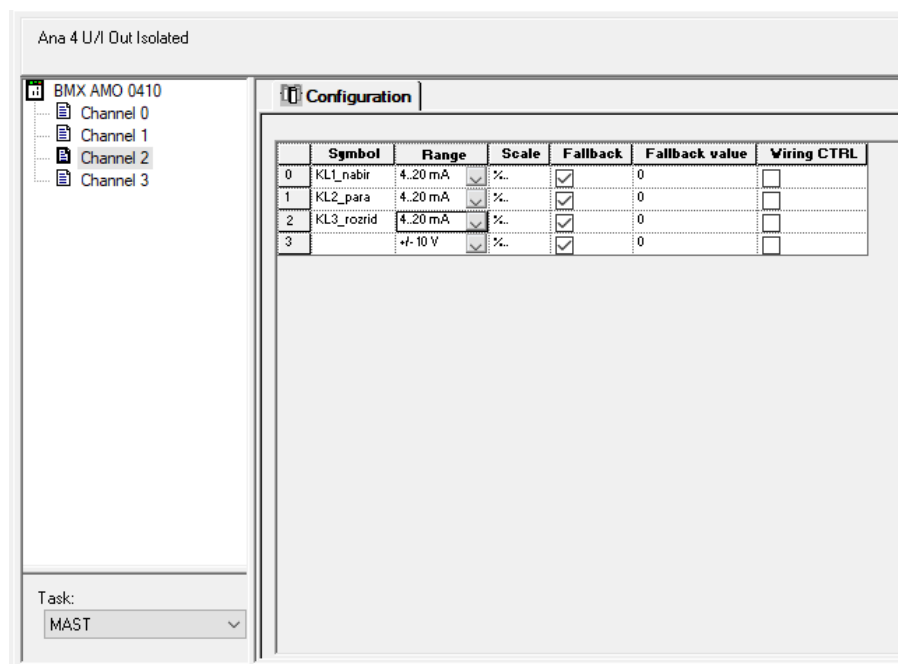


Рис. 5.3 - Конфігурування модуля аналогових виходів BMX AMO 0410

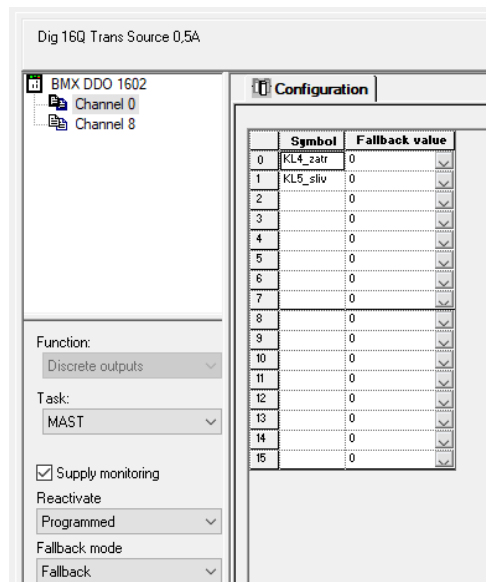


Рис. 5.4 - Конфігурування модуля дискретних входів/виходів ВМХ  
DDO 1612(виходи)

## Розроблення прикладного програмного забезпечення для реалізації алгоритму керування Секція Programm

```

case step_prog of
0:zadane_pe:=0.0;zadane_te:=0.0;k11:=0.0;k14:=false;k15:=false;i3:=false;step_prog:=1;
1:if pusk or m1 then zadane_pe:=20.0;step_prog:=2;end_if;
2:if pe>=20.0 then k11:=60.0;step_prog:=3;end_if;
3:if lev>=80.0 then k11:=0.0;zadane_te:=75.0;step_prog:=4;end_if;
4:if te>=75.0 and ee>=78.0 then k14:=true;i1:=true;step_prog:=5;end_if;
5:if ton_0.q then k14:=false;step_prog:=6;end_if;
6:if ve>=90.0 then i3:=true;k15:=true; step_prog:=7;end_if;
7:if lev<=0.1 then k15:=false;m1:=true;step_prog:=0;end_if;
end_case;

```

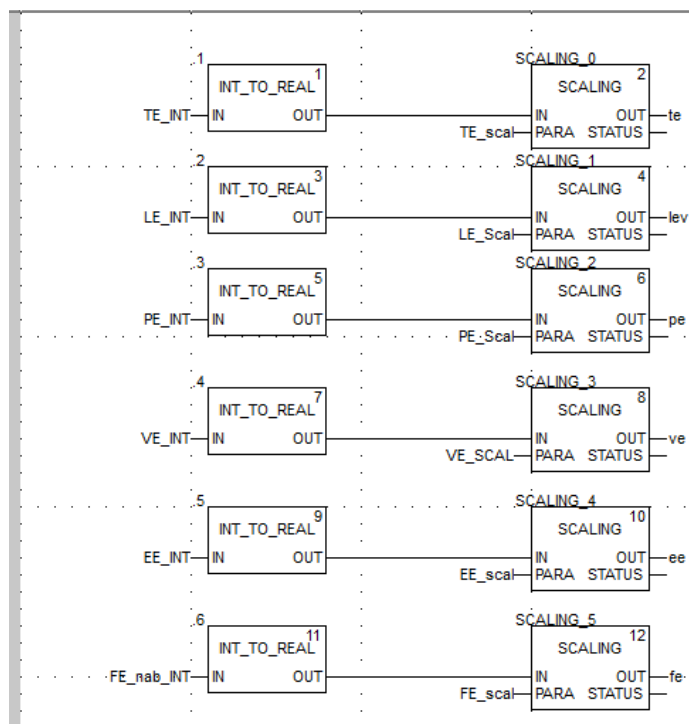
Програма, що виконує імітацію рівня та витрати

```

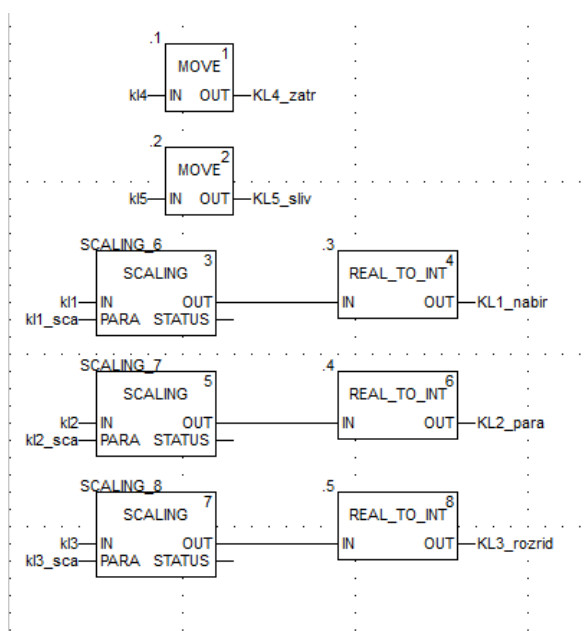
if k11>=1.0 and q2 then lev:=lev+5.0;end_if;
if k15 and q2 then lev:=lev-10.0;end_if;
if k11>=1.0 and q2 then fe:=fe+7.0;end_if;

```

## Секція Input



## Секція Output



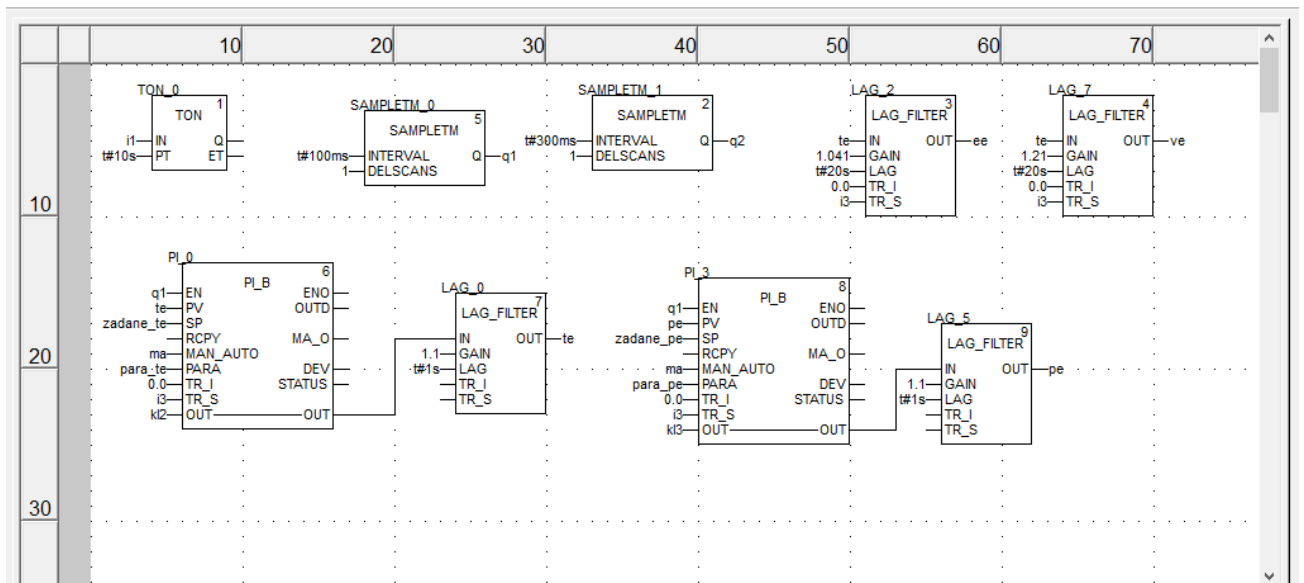
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

50

## Програма, що виконує регулювання



Для регулювання температури та розрідження використовується функціональний блок PI\_V. Змінна, що відповідає за управління виконавчим механізмом k12 (клавaн подачі пари) управляється регулятором PI\_0, який реалізовує ПІ – закон управління. Регулятор викликається кожні 100мс, оскільки його вхід EN підключений до функціонального блоку типу SAMPLETM.

В програмі використані такі символічні позначення:

Variables							
DDT Types		Function Blocks		DFB Types			
Filter							
Name		Type		Value		Address	
KL4_zatr	EBOOL					%Q0.3.0	
KL5_sliv	EBOOL					%Q0.3.1	
m1	BOOL						
ma	BOOL	TRUE					
q1	BOOL						
q2	BOOL						
kl4	EBOOL					%m4	
kl5	EBOOL					%m5	
pusk	EBOOL					%m20	
EE_INT	INT					%IW0.1.4	
FE_kond_INT	INT					%IW0.1.6	
FE_nab_INT	INT					%IW0.1.5	
KL1_nabir	INT					%QW0.2.0	
KL2_para	INT					%QW0.2.1	
KL3_rozrid	INT					%QW0.2.2	
LE_INT	INT					%IW0.1.1	
PE_INT	INT					%IW0.1.2	
step_prog	INT						
TE_INT	INT					%IW0.1.0	
VE_INT	INT					%IW0.1.3	
ee	REAL					%mw100	
fe	REAL					%mw110	
fe_kond	REAL					%MW270	
kl1	REAL					%mw120	
kl2	REAL					%mw130	
kl3	REAL					%mw140	
lev	REAL					%mw200	
ne	RFAI					%mw240	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

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

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

Сос...	Имя	О...	Е...	С...	Б...	Смещение	Номер...	Порядок	Симво...	Драйвер	Тип данных	Знак
	Текст фильтра					Текст фил...	Тек...	Тек...	Тек...	Текст фильтра	Текст фил...	Тек...
	ee			0	0	100	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	lev			0	0	200	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	pe			0	0	240	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	te			0	0	250	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	ve			0	0	260	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	fe			0	0	110	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	kl1			0	0	120	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	kl2			0	0	130	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	kl3			0	0	140	0	0		MODRTU32 - Modb...	REAL	
	kl4			0	0	4	0	0		MODRTU32 - Modb...	BOOL	
	kl5			0	0	5	0	0		MODRTU32 - Modb...	BOOL	
	pusk			0	0	20	0	0		MODRTU32 - Modb...	BOOL	

Рисунок 6.1 – Таблиця змінних в Zenon Supervisor

Для розробки людино-машинного інтерфейсу використовувалося середовище Zenon.

В якості універсального програмного забезпечення, zenon забезпечує просту, безпечну і незалежну промислову автоматизацію для багатьох компаній по всьому світу.

Програмна платформа пропонує єдине інтегроване рішення, що зв'язує всю компанію, від рівня датчиків до ERP системи.

Систематичний збір даних і управління даними по всіх ділянках з zenon дозволяють визначити відправні точки для підвищення ефективності.

В якості системи управління процесами, zenon пропонує оптимальну візуалізацію, управління і моніторинг навіть в складних мережах. [13]

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Харченко Д.С.			Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ладанюк А.П.					53	63
Зав. каф.						<i>НУХТ АК-4-3ск</i>		
Н. Контр.								
Затвердж.								



Вікно вкладки тривоги системи автоматизації(ALARM). Тут відображаються всі тривоги які виникли, який параметр, коли усунутий чи є дійсним.

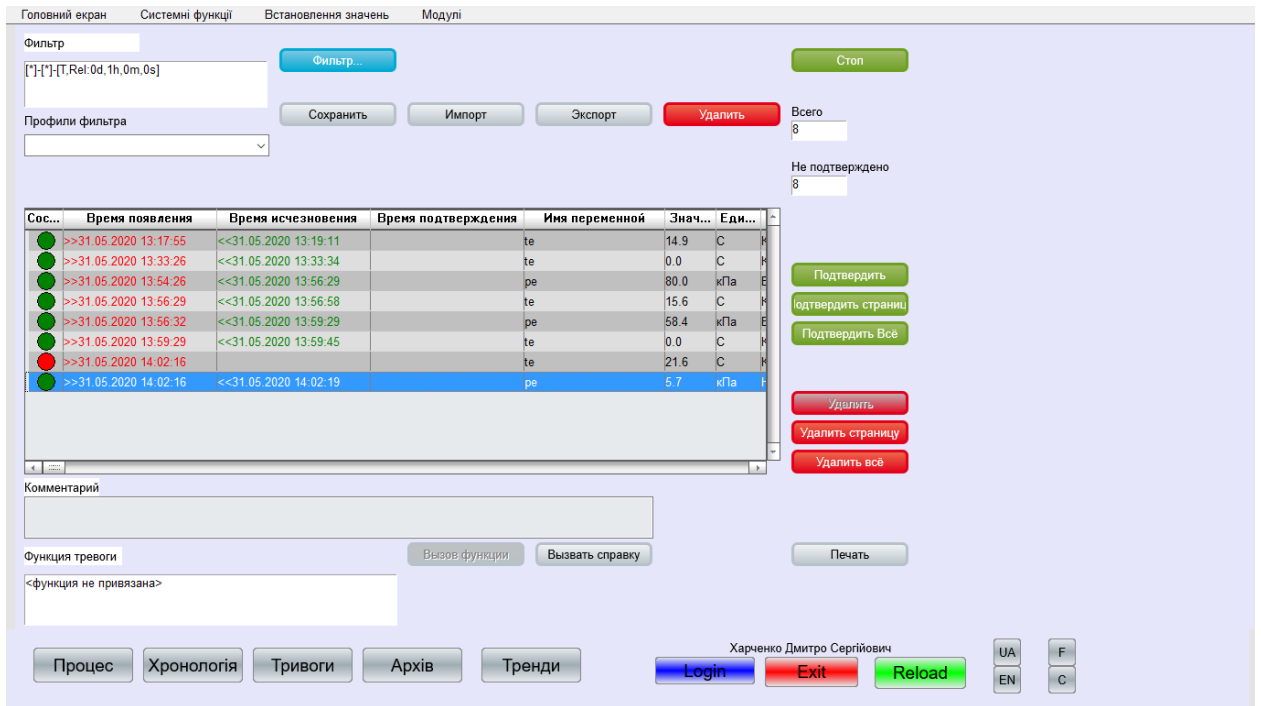


Рисунок 6.4 – Вікно алармів

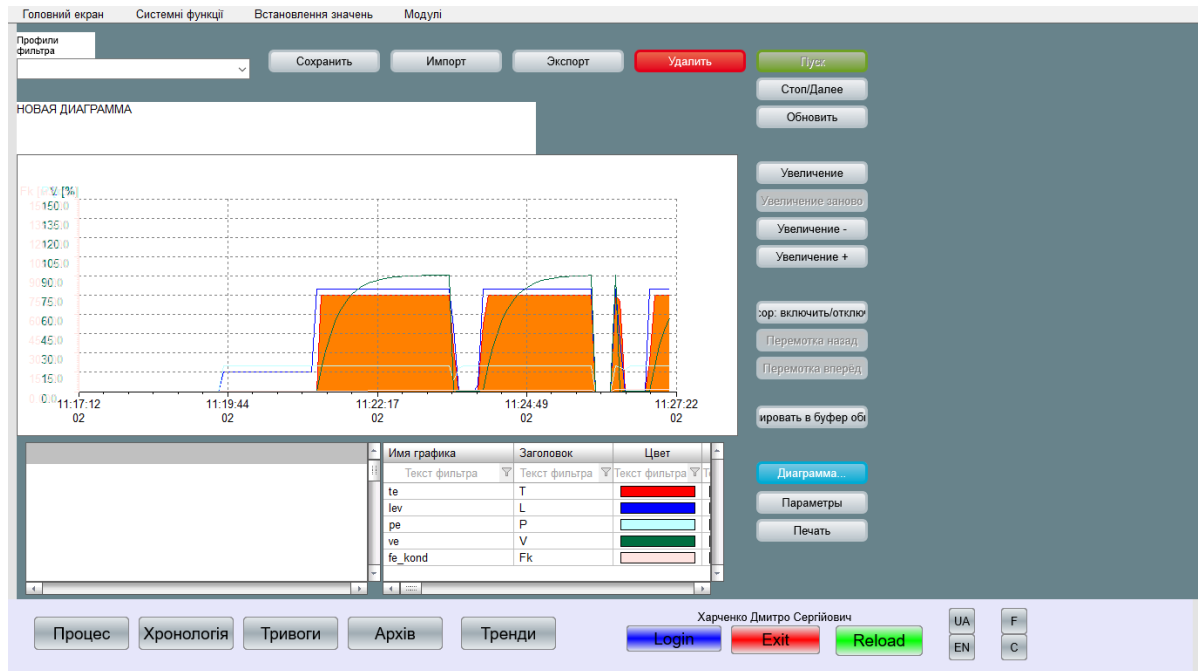


Рисунок 6.5 – Вікно трендів

## 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

### 7.1. Постановка задачі дослідження

Комп'ютерне моделювання – це інструмент математичного моделювання, який застосовується для вивчення складних систем. Комп'ютерні моделі використовуються для отримання нових знань про об'єкт або для наближеної оцінки поведінки систем, занадто складних для аналітичного чи натурного дослідження.

В Кваліфікаційній роботі комп'ютерне моделювання виконується для підсистеми регулювання технологічної змінної для наступних задач:

- визначення оптимальної структури та/або параметрів САР;
- дослідження властивостей САР (стійкість, якість, енерговитрати);
- дослідження САР технологічними об'єктами, що функціонують в умовах не-стаціонарності/нелінійності/невизначеності і т.п.

Комп'ютерне моделювання проводиться в програмному середовищі Matlab, з використанням зовнішніх функцій Toolbox та Simulink. [1]

**Постановка задачі:** Для вакуум-апарату у системі автоматизації визначити оптимальні налаштування ПД-регулятора.

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

Для об'єкта керування одноконтурної системи вхідними сигналами є основне збурення та керувальна дія, а вихідним сигналом – регульовальна змінна. Вихідні сигнали при оптимізації також можуть бути розширені сигналом управляючої дії.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Харченко Д.С.			Розробка системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ладанюк А.П.					56	63
Зав. каф.						<i>НУХТ АК-4-Зск</i>		
Н. Контр.								
Затвердж.								

В даній кваліфікаційній роботі було взято математичну модель вакуум-апарату, як об'єкта регулювання температури сиропу. Температура в апараті повинна триматися на рівні 75 градусів. Диференційне рівняння апарату для регулювання температури:

$$70 [ d(\Delta t)/dt ] + \Delta t = 1,8 * \Delta Q_x + 0,3 * \Delta W_1$$

де  $\Delta t$  – зміна температури всередині апарату, °С;  $\Delta Q_x$  – зміна витрати сиропу, л/год;  $\Delta W_1$  – зміна витрати пари, л/год;

Параметрична схема об'єкта керування зображена на рис. 7.1.

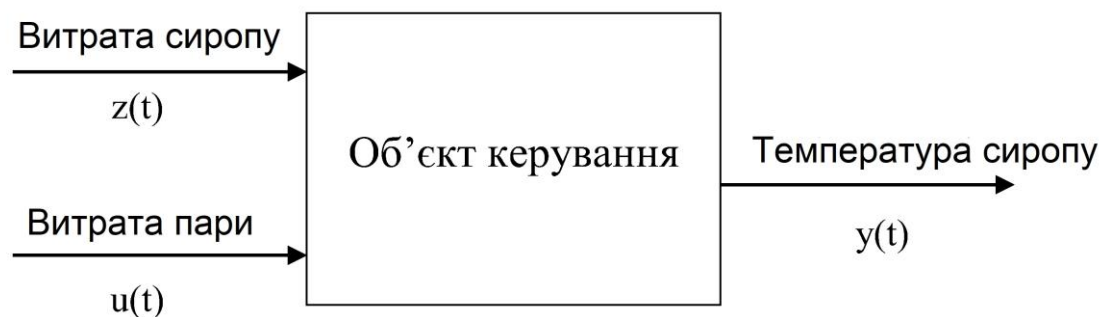


Рис. 7.1 - Параметрична схема об'єкта керування

Запишемо рівняння в операторному вигляді:

$$(70p+1) * \Delta X_1(p) = 1,8 * \Delta U_1(p) + 0,3 * Z_1(p);$$

Визначимо передаточні функції для різних ємностей:

$$W_{1u}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{1,8}{70p+1}; W_{1z}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)} = \frac{0,3}{70p+1}; W_{2u}(p)$$

### 7.3. Моделювання САР

#### Настройка ПІД- регулятора

Настройки ПІД-регулятора визначаємо за допомогою Циглера – Ніколса. Для цього знаходимо  $K_r$  критичне, при якому система знаходиться на межі стійкості

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_p \text{ крит} = 1,8$ .  $T_p = 80$  (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  $K_{рег}$ . Якщо в системі працює ПІ-регулятор, то  $T_i \rightarrow \infty$ , при ПІД-регуляторі  $T_i \rightarrow \infty$ ,  $T_d \rightarrow 0$ . Для отримання автоколивань визначають критичні значення  $K_{рег}^{крит}$  і період  $T_p^{крит}$ . Тоді наближеними параметрами настройки ПІД-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.

$$K_p = K_p(\text{крит}) * 0,6 = 0,6 * 1,8 = 1,08;$$

$$K_i = (1,2 * K_p(\text{крит})) / T_p = (1,2 * 1,8) / 80 = 0,027;$$

$$K_d = 0,075 * K_p(\text{крит}) * T_p = 0,075 * 1,8 * 80 = 10,8;$$

Встановлюємо коефіцієнт настройки ПІД-регулятора в структурну схему і отримуємо перехідний процес, який має такі якісні показники:  $\phi = 0,83$ ,  $A_1 = 2,3$ . Порівнюючий його з перехідним процесом з ПІ-регулятором можна сказати, що час регулювання у ПІД-регулятора менший, але не набагато, ступінь затухання більший, і динамічна похибка також менша. Тобто робимо висновок, що використання ПІД- регулятора в даному випадку доцільне.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

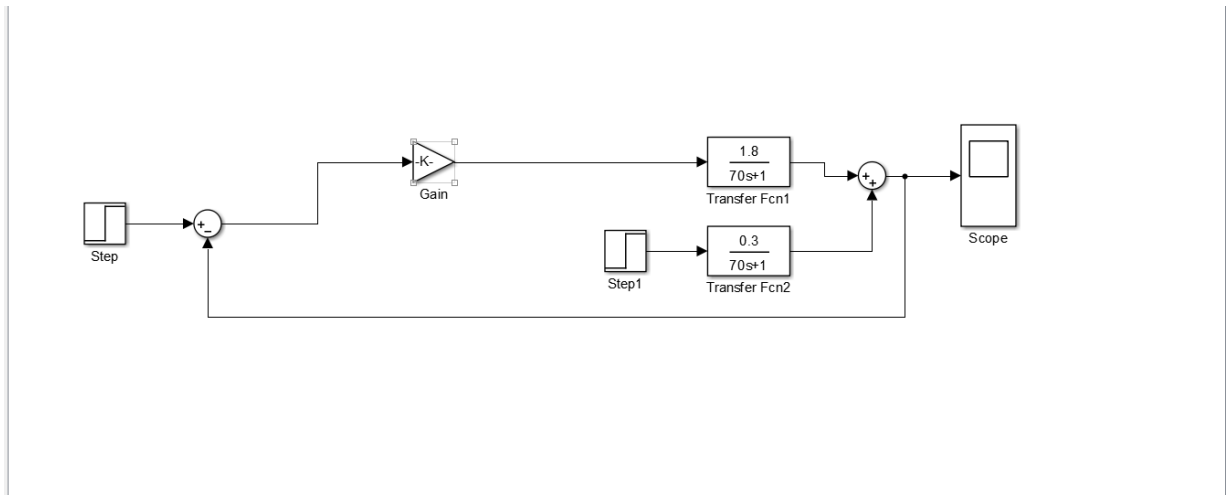


Рис. 7.2 - Структурна схема АСР з П-регулятором

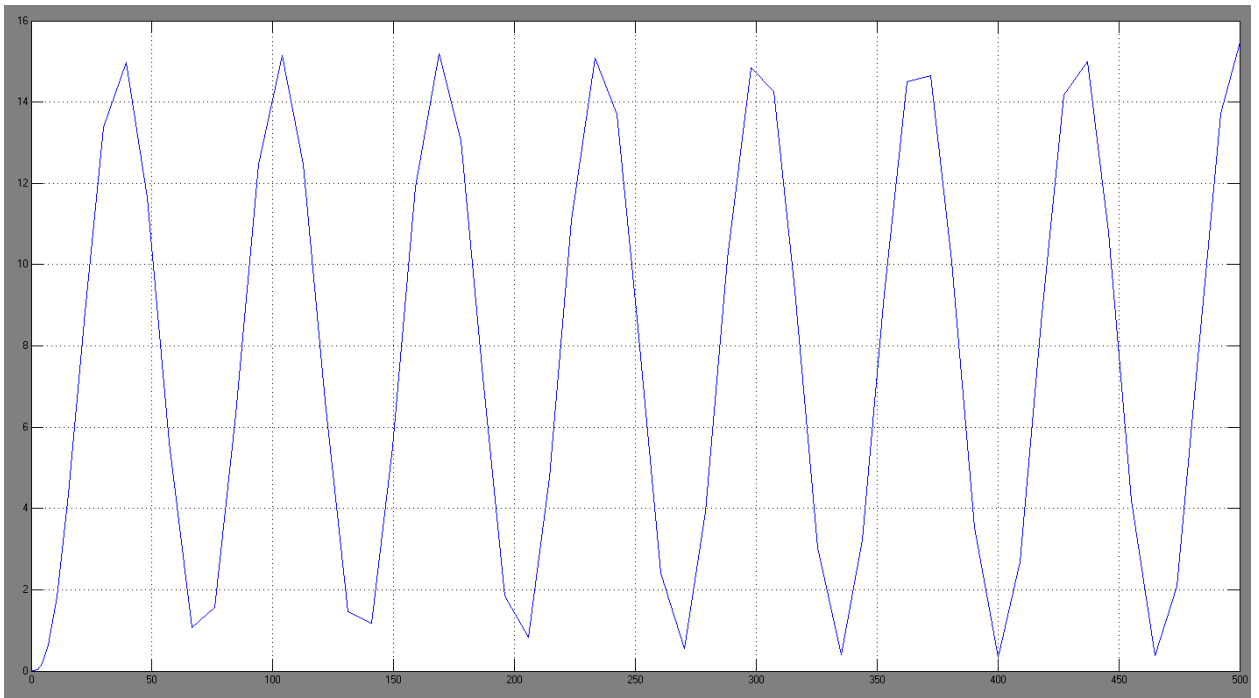


Рис. 7.3 - Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі стійкості  
( $K_{п(крит.)}=1,8$ )

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

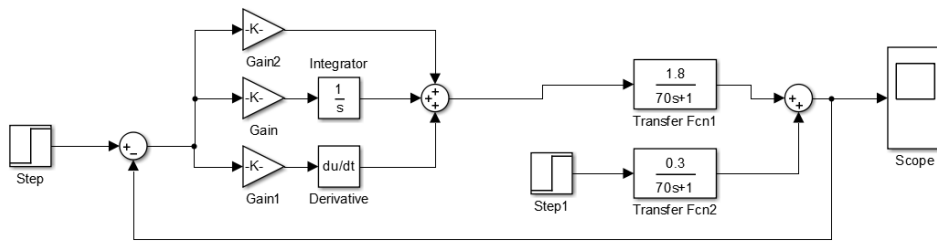


Рис. 7.4 - Структурна схема АСР з ПІД-регулятором

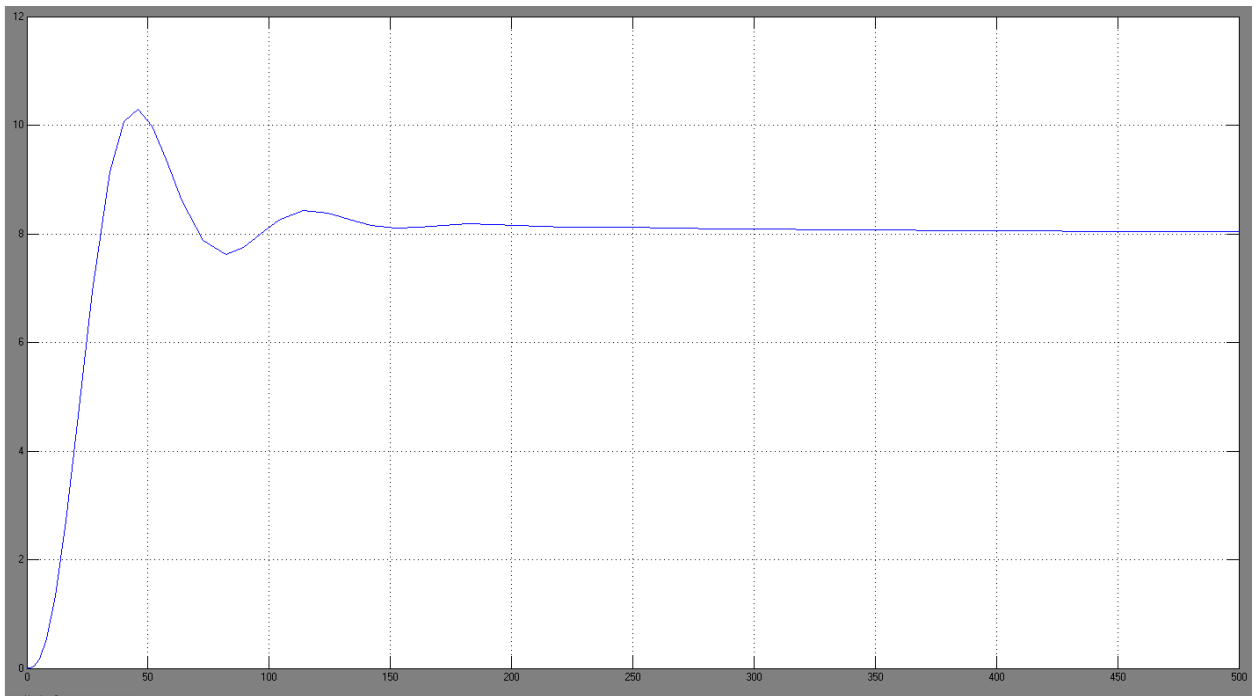


Рис. 7.5 - Перехідний процес АСР з ПІД-регулятором.

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (2,3 - 0,4) / 2,3 = 0,83; \quad A1 = X1_{\max} = 2,3 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta X_{ct} = 0 \text{ } ^\circ\text{C};$$

**Висновок:** В даному розділі була складена структурна схема АСР, та розраховані оптимальні настройки ПІД-регулятора методом Циглера-Ніколсона. Ступінь затухання  $\phi=0,83$ , що характеризує систему з кращої сторони.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Висновок

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто розробку системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням інтелектуальних витратомірів.

При розробці системи автоматизації використано сучасні технічні засоби автоматизації та промисловий логічний контролер (ПЛК).

Запропонована система автоматизації базується на мікропроцесорному контролері Modicon m340 фірми Schneider. Програму для регулювання і управління основними технологічними параметрами агрегату розроблено в середовищі Unity Pro.

Проект для візуалізації, контролю та управління створено з використанням SCADA-програми Zenon.

Розроблена системи автоматизації процесу керування вакуум-апаратом періодичної дії з використанням сучасних технічних засобів автоматизації дозволяє забезпечити оптимальне проведення технологічного процесу кристалізації цукру для отримання цукру високої якості, за рахунок використання сучасних технічних засобів автоматизації зменшення витрати теплоносіїв та сировини на виробництві. Все це призведе до збільшення прибутковості виробництва цукру.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / Уклад.: І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. [Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2020. – 73 с.
2. Проектування систем автоматизації. Трегуб В.Г. Навч. пос. — К: Видавництво Ліра-К., 2014. — 344с.
3. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro Навч. посібник./ Пупена О.М., Ельперін І.В., — К.: Видавництво Ліра-К. — 2013..
4. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
5. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с
6. Измерительный преобразователь давления РС-28 [Електронний ресурс]: сайт <https://aplisens.com.ua/> – Текст. дані. Режим доступу: <https://aplisens.com.ua/data/pdfs/PC-28.pdf> (дата звернення: 20.05.2020). – Назва з екрана.
7. SITRANS TF2 [Електронний ресурс]: сайт <http://www.eleten.com.ua/> – Текст. дані. Режим доступу: [http://www.eleten.com.ua/SITRANS\\_TF2.html](http://www.eleten.com.ua/SITRANS_TF2.html) (дата звернення: 20.05.2020). – Назва з екрана.
8. Rosemount 5600 [Електронний ресурс]: сайт <https://indelta.ru/>– Текст. дані. Режим доступу: <https://indelta.ru/kip/datchiki-urovnya/rosemount-du/beskontaktnyy-radarnyy-urovner-rosemount-5600-art87673.html> (дата звернення: 20.05.2020). – Назва з екрана.
9. Віскозиметр [Електронний ресурс]: сайт <https://magmas.com.ua/> – Текст. дані. Режим доступу: <https://magmas.com.ua/knowhow/visk.php> (дата звернення: 20.05.2020). – Назва з екрана.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

10. EB 6116 UK [Електронний ресурс]: сайт <https://www.samsunggroup.com/en/> – Текст. дані. Режим доступу: <https://www.samsunggroup.com/document/e61160ru.pdf> (дата звернення: 20.05.2020). – Назва з екрана.

11. Затворы дисковые с пневмоприводом [Електронний ресурс]: сайт <http://armatek.ru/> – Текст. дані. Режим доступу: [http://armatek.ru/katalog/zatvory\\_diskovye/upravlenie/pnevmoпривод/](http://armatek.ru/katalog/zatvory_diskovye/upravlenie/pnevmoпривод/) (дата звернення: 20.05.2020). – Назва з екрана.

12. Zenon [Електронний ресурс]: сайт <https://www.copa-data.com.ua/> – Текст. дані. Режим доступу: <https://www.copa-data.com.ua/podderzhka/voprosy-otvety/voprosy-po-produktu> (дата звернення: 20.05.2020). – Назва з екрана.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		