

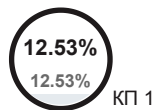
## Звіт подібності

## Метадані

Назва організації		підрозділ		
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas		Каф. ІТТС		
Заголовок				
2025_Челядин Б.Б._ФІТ_ІТТС_АКСм-24-1.doc				
Автор		Науковий керівник / Експерт		
Челядин Б. Б.		Паньків Ю. В.		
Кількість слів	Кількість символів	Дата звіту	Дата редагування	ІД документу
11510	89684	12/25/2025	---	332979723

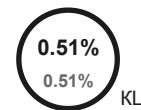
## Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



11510

Кількість слів








89684

Кількість символів

## Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		8
Інтервали		9
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		75

## Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

## 10 найдовших фраз

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	Колір тексту
1	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	119 1.03 %
2	Oleniukh Roman_KAm-61.docx 12/11/2020 Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University (кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв)	84 0.73 %
3	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	72 0.63 %

4	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	51 0.44 %
5	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	47 0.41 %
6	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	47 0.41 %
7	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	43 0.37 %
8	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	43 0.37 %
9	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	42 0.36 %
10	<a href="http://referaty.net.ua/referaty/referat_72294.html">http://referaty.net.ua/referaty/referat_72294.html</a>	41 0.36 %

### з домашньої бази даних (1.16 %)



ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	2024_Савчин О.В._ІІТ_ІТТС_АКСм-23-1 12/12/2024 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	103 (4) 0.89 %
2	2025_Саврич А.М._ФАЕ_АКПм-24-2 12/6/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. АКІТ)	24 (2) 0.21 %
3	2025_Яблонський І.В._ФАЕ_АКІТ_АКПм-24-1 11/21/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. АКІТ)	6 (1) 0.05 %

### з програми обміну базами даних (2.11 %)



ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
4	Oleniukh Roman_KAm-61.docx 12/11/2020 Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University (кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв)	175 (7) 1.52 %
5	КРБ_Гольченко А.М._СУ-81.docx 6/10/2022 Sumy State University (Кафедра комп'ютеризованих систем управління)	33 (4) 0.29 %
6	2025-bachelor MORHUN_Yehor_Yevheniiovych_EL-21-1 6/25/2025 Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Кафедра КІЕ)	12 (1) 0.10 %
7	Rudenko_bac_rob.docx 6/8/2023 Sumy State University (Кафедра комп'ютеризованих систем управління)	12 (2) 0.10 %
8	Дисертація_Кузь 12/11/2024 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (ІЕЕ, К-ра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів)	11 (1) 0.10 %

### з Інтернету (9.26 %)



ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
9	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92540/1/Rudenko_bak_rob.pdf</a>	786 (29) 6.83 %
10	<a href="http://referaty.net.ua/referaty/referat_72294.html">http://referaty.net.ua/referaty/referat_72294.html</a>	111 (5) 0.96 %

11	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/97978/1/Shevchenko_mag_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/97978/1/Shevchenko_mag_rob.pdf</a>	91 (6) 0.79 %
12	<a href="https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88513/1/Hordiienko_bak_rob.pdf">https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88513/1/Hordiienko_bak_rob.pdf</a>	44 (5) 0.38 %
13	<a href="https://ua-referat.com/uploaded/tehnichne-zavdannya-3-3-a-referat/index1.html">https://ua-referat.com/uploaded/tehnichne-zavdannya-3-3-a-referat/index1.html</a>	17 (2) 0.15 %
14	<a href="https://www.essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88557/1/Ponamarov_bak_rob.pdf">https://www.essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/88557/1/Ponamarov_bak_rob.pdf</a>	9 (1) 0.08 %
15	<a href="https://ela.kpi.ua/items/96e6cc1d-3c33-4964-9bdd-18d69f4dff0e/full">https://ela.kpi.ua/items/96e6cc1d-3c33-4964-9bdd-18d69f4dff0e/full</a>	8 (1) 0.07 %

## Список прийнятих фрагментів

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Міністерство освіти і науки України Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Факультет інформаційних технологій Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем Челядин Богдан Богданович	
3	Прізвище, ім'я, по батькові)	
	УДК 681.5 (індекс) МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА Розроблення системи керування технологічним процесом осушування газу (назва роботи)	
11	Комп'ютеризовані системи управління та автоматика (назва освітньої програми) 174- Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (шифр і назва спеціальності)	
11	Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело	
	Б.Б. Челядин 1) підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня) Науковий керівник <u>Паньків Юрій Володимирович, к.т.н., доцент</u> (підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника) Допущено до захисту Завідувач кафедри проф. Л.М. Заміховський (посада) (підпи →)(дата →)(ініціали та прізвище)	
	Івано-Франківськ - 2025	
1	Міністерство освіти і науки України Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Факультет інформаційних технологій Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем	
	ЗАТВЕРДЖУЮ Зав. кафедри Заміховський Л.М. 2025 р. <b>ЗАВДАННЯ на дипломний проєкт студенту.</b>	
	Челядину Богдану Богдановичу.	
1	Тема проєкту: Розроблення системи керування технологічним процесом осушування газу.	
13	2. Затверджено наказом ректора університету No 690 від "30" жовтня 2025 р.; 3. Термін здавання студентом закінченого проєкту "29" грудня 2025 р.	
	4. Вихідні дані до проєкту: <b>звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація, список літературних джерел з матеріалами опису і автоматизації технологічного процесу.</b>	
	5. Зміст пояснювальної записки: - наліз предметної області; 11) <b>автоматизація установки осушки газу;</b> - <b>вибір засобів автоматизації, розробка SCADA.</b>	
	6. <b>Перелік графічних матеріалів: 38 рисунків, 14 таблиць.</b>	
	7. Календарний план проєктування:	
	<b>Номер етапу Зміст етапу проєктування Термін виконання 1 .Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та</b>	

аналіз літератури і першоджерел.

25.10.2025

12 Аналіз предметної області. Область застосування. 03.11.2025

3 Система керування технологічним процесом осушування газу 15.11.2025

12 Розробка основних схем автоматизації. 22.11.2025

5 Створення SCADA системи. 01.12.2025

6 Оформлення дипломного проєкту та супровідної документації. 19.12.2025

11 Дата видачі завдання "24" жовтня 2025 р. Керівник проєкту:  
доцент кафедри ІТТС

Паньків Ю.В.

5 До виконання прийняв:

студент-дипломник

групи АКСм-24-1 Челядин Б.Б.

РЕФЕРАТ

Челядин Богдан. 5 Автоматизація установки осушки газу. Дипломний проєкт. 2 Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ 2025

11 Дипломний проєкт містить 93 аркуша пояснювальної записки, 38 рисунків, 14 таблиць. При виконанні дипломного проєкту було використано 12 літературних джерел.

У даній кваліфікаційній роботі представлено розробку автоматизованої системи керування (АСК) процесом осушування природного газу. У ході дослідження було сформовано технічне завдання, розроблено комплект конструкторської документації та синтезовано алгоритми функціонування системи. Практичним результатом проєкту є створення комплексної системи керування для установок підготовки газу, що може бути впроваджена на підприємствах газовидобувної галузі.

THE ABSTRACT

Cheliadyn Bohdan. Automation of the Gas Dehydration Unit. Diploma Project. 2 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Ivano-Frankivsk, 2025.

The diploma project contains 93 pages of the explanatory note, 38 figures, 14 tables were used in the preparation of the diploma project.

This qualification paper presents the development of an automated control system (ACS) for the natural gas dehydration process. In the course of the research, the technical assignment was formulated, a set of design documentation was developed, and the system operating algorithms were synthesized. The practical result of the project is the creation of a comprehensive control system for gas treatment units, which can be implemented at gas extraction industry enterprises.

9 ЗМІСТ СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 10

ВСТУП 11

РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ 17

1.1 Призначення об'єкта керування 17

1.2 Метод осушення газу 18

1.3 Структура та опис технологічного процесу 19

Адсорбційний метод (Тверді поглиначі) 23

2.1 Принцип дії 23

2.2 Структура технологічного процесу 23

3. Низькотемпературна сепарація 24

3.1 Принцип дії 24

3.2 Способи охолодження 24

4. Мембранний метод 25

4.1 Принцип дії 25

4.2 Конструкція 25

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ, КЕРУВАННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ 27

2.1. Завдання та критерії управління технологічним процесом 27

2.2. Формування контурів регулювання 27

1. Об'єкт керування 28

3. Вхідні та вихідні потоки 28

3. Контрури контролю та регулювання 29

2. Ключові контрури регулювання 31

1. Призначення об'єкта 33

2. Логіка керування процесом 34

1. Призначення процесу 36

2. Логіка керування (Контрури регулювання) 36

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ 39

3.1 Вибір пристроїв нижнього рівня 41

## 12 СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

**САК - система автоматичного керування**

**5 БФС - блок фільтрації та сепарації.**

**ДЕГ - діетиленгліколь;**

**УОГ - установка осушки газу;**

**12 ПСГ - підземне сховище газу; ВМ - виконуючий механізм;**

**ГР - горюча рідина;**

**ПЛК - програмований логічний контролер; ПК - промисловий комп'ютер;**

**12 ГЗ - умовно-графічне зображення;**

**ТЗА - технічні засоби автоматизації;**

**ТЕГ - триетиленгліколь**

## ВСТУП

Актуальність теми. У сучасній газовидобувній промисловості ключовою вимогою до якості природного газу є забезпечення нормативної точки роси за вологою та вуглеводнями перед подачею в магістральні газопроводи. Недостатній ступінь осушування призводить до утворення кристалогідратів, що зменшують пропускну здатність трубопроводів, а також до інтенсивної корозії обладнання внаслідок взаємодії вологи з кислими компонентами газу. Існуючі системи керування на багатьох установках комплексної підготовки газу (УКПГ) є застарілими, енергоємними та не забезпечують необхідної гнучкості регулювання в умовах зміни параметрів вхідної сировини. Тому розроблення сучасної автоматизованої системи керування (АСК), яка дозволить мінімізувати енерговитрати на регенерацію абсорбенту та виключити вплив людського фактора, є важливим науково-технічним завданням.

Обґрунтування вибору теми дослідження. Вибір теми зумовлений необхідністю модернізації процесів підготовки газу відповідно до сучасних стандартів енергоефективності. Сучасні дослідження у галузі автоматизації нафтогазових виробництв спрямовані на перехід від локальних контурів регулювання до комплексних інтегрованих систем на базі ПЛК та SCADA. Критичний аналіз існуючих рішень показує, що більшість з них не враховує динаміку зміни вологовмісту вхідного газу в реальному часі, що призводить до перевитрати абсорбенту (триетиленгліколю) та паливного газу. Сутність поставленого завдання полягає у синтезі такої системи керування, яка б адаптивно підтримувала задану точку роси при мінімальних експлуатаційних витратах.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності та надійності процесу осушування газу шляхом розроблення автоматизованої системи керування з використанням сучасних технічних засобів та алгоритмів регулювання.

Об'єктом дослідження є технологічний процес абсорбційного осушування природного газу із використанням рідких поглиначів (гліколів).

Предметом дослідження є методи, алгоритми та технічні засоби автоматизації технологічних параметрів процесу осушування та регенерації абсорбенту.

Для досягнення мети вирішено такі завдання:

1. Здійснити аналіз технологічного процесу як об'єкта керування та визначити основні канали збурення і регулювання.
2. Обґрунтувати вибір комплексу технічних засобів автоматизації (датчиків, виконавчих механізмів, програмованого логічного контролера серії Mitsubishi FX5).
3. Розробити функціональну схему автоматизації та електричні схеми підключення периферійних пристроїв.
4. Синтезувати алгоритми автоматичного регулювання для основних контурів: сепарації, абсорбції, дегазації та регенерації гліколю.

Методи дослідження. У роботі використано комплексний підхід, що включає:

1. Методи системного аналізу - для декомпозиції технологічної схеми на окремі функціональні блоки та визначення взаємозв'язків між ними.
  2. Методи теорії автоматичного керування - для синтезу законів регулювання (зокрема ПІД-регуляторів) температури регенерації та рівня рідин у ємностях.
  3. Методи схемотехнічного проектування - для розробки схем підключення технічних засобів на базі уніфікованих струмових сигналів 4-20 мА.
- Новизна отриманих результатів.

1. Удосконалено алгоритм керування подачею абсорбенту в абсорбційну колону, який, на відміну від типових схем, враховує не лише витрату газу, а й поточне значення точки роси, що забезпечує економію реагенту.

2. Дістала подальшого розвитку система каскадного регулювання температури у ребойлері, що дозволяє запобігти термічному розкладанню гліколю при зміні навантаження на установку.

3. Запропоновано структуру SCADA-системи, яка інтегрує підсистеми моніторингу технологічної безпеки та комерційного обліку газу в єдиний інформаційний простір оператора.

Практичне значення отриманих результатів. Практична цінність полягає у розробці повного комплексу проектної документації на систему керування, яка готова до впровадження на реальних об'єктах газовидобування. Запропоновані рішення дозволяють:

1. Забезпечити стабільну точку роси осушеного газу (нижче -10...-20°C).
2. Зменшити енерговитрати на регенерацію гліколю завдяки точній підтримці температури.
3. Підвищити рівень безпеки експлуатації установки за рахунок впровадження автоматичних блокувань. Результати роботи можуть бути використані проектними організаціями при модернізації цехів підготовки газу.

## INTRODUCTION

Relevance of the Research Topic. In the modern gas extraction industry, a key requirement for natural gas quality is ensuring the standard dew point for water and hydrocarbons prior to its supply to trunk gas pipelines. Insufficient dehydration leads to the formation of gas hydrates, which reduce the throughput capacity of pipelines, and causes intensive equipment corrosion due to the interaction of moisture with acid gas components. Existing control systems at many Comprehensive Gas Treatment Units (CGTU) are obsolete, energy-intensive, and fail to provide the necessary regulatory flexibility under changing parameters of the input feedstock. Therefore, the development of a modern Automated Control System (ACS) capable of minimizing energy consumption for absorbent regeneration and eliminating the influence of the human factor is a significant scientific and technical task.

Rationale for the Choice of the Research Topic. The choice of the topic is driven by the need to modernize gas treatment processes in accordance with modern energy efficiency standards. Contemporary research in the field of oil and gas production automation is aimed at the transition from local control loops to complex integrated systems based on PLCs and SCADA. A critical analysis of existing solutions shows that most of them do not account for the dynamics of moisture content changes in the inlet gas in real-time, leading to excessive consumption of the absorbent (triethylene glycol) and fuel gas. The essence of the set task lies in the synthesis of a control system that would adaptively maintain the specified dew point with minimal operating costs.

Aim and Objectives of the Research. The aim of the work is to increase the efficiency and reliability of the gas dehydration process by developing an automated control system using modern technical means and control algorithms.

The object of the research is the technological process of absorptive dehydration of natural gas using liquid absorbents (glycols). The subject of the research covers the methods, algorithms, and technical means of automating the technological parameters of the dehydration and absorbent regeneration processes.

To achieve this aim, the following objectives have been set:

1. To analyze the technological process as a control object and determine the main disturbance and control channels.
2. To substantiate the selection of a complex of technical automation means (sensors, actuators, Mitsubishi FX5 series programmable logic controller).
3. To develop a functional automation diagram and electrical wiring diagrams for peripheral devices.
4. To synthesize automatic control algorithms for the main loops: separation, absorption, degassing, and glycol regeneration.

Research Methods. The study employs a comprehensive approach, including:

1. Systems analysis methods: for decomposing the technological scheme into separate functional blocks and determining the interrelationships between them.
2. Automatic control theory methods: for synthesizing control laws (specifically PID regulators) for regeneration temperature and liquid levels in vessels.
3. Circuit design methods: for developing connection diagrams for technical means based on unified 4-20 mA current signals.

Scientific Novelty of the Obtained Results.

1. An improved algorithm for controlling the absorbent supply to the absorption column has been developed, which, unlike typical schemes, takes into account not only the gas flow rate but also the current dew point value, ensuring reagent savings.
2. A cascade control system for the reboiler temperature has been further developed, allowing for the prevention of thermal degradation of glycol during changes in the installation load.
3. A structure for a SCADA system has been proposed, integrating subsystems for technological safety monitoring and commercial gas metering into a single operator information space.

Practical Value of the Obtained Results. The practical value lies in the development

of a complete set of design documentation for the control system, which is ready for implementation at real gas production facilities. The proposed solutions allow:

1. Ensuring a stable dew point of the dehydrated gas (below  $-10\text{...}-20^{\circ}\text{C}$ ).
2. Reducing energy consumption for glycol regeneration due to precise temperature maintenance.
3. Increasing the operational safety level of the installation through the implementation of automatic interlocks. The results of the work can be used by design organizations during the modernization of gas treatment plants.

## РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ

### 1. Призначення об'єкта керування

Об'єктом керування є установка осушення газу (УОГ). Її головне призначення - видалення вологи (водяної пари) з потоку природного газу до встановлених нормативів перед подачею його в магістральний газопровід.

Основні цілі процесу:

1. Запобігання утворенню гідратів: При зниженні температури або підвищенні тиску вода і вуглеводні (метан, етан) утворюють тверді кристалічні речовини - газові гідрати. Вони можуть повністю перекрити переріз трубопроводу та пошкодити запірну арматуру.
2. Запобігання корозії: Наявність вільної води разом із кислими компонентами газу утворює кислоти, що викликають інтенсивну корозію обладнання та трубопроводів.
3. Забезпечення "Точки роси": Основний показник якості осушеного газу - точка роси по воді (температура, при якій починається конденсація вологи). Для магістральних газопроводів вона зазвичай повинна бути на  $5-10^{\circ}\text{C}$  нижчою за мінімальну температуру ґрунту (взимку це часто  $-10^{\circ}\text{C} \dots -20^{\circ}\text{C}$ ).

З погляду автоматизації:

Об'єкт є складним, багатоконтурним, з наявністю рециркуляції (циркуляція абсорбенту) та значними транспортними запізненнями. Основне завдання системи керування - підтримувати задану точку роси при мінімальних енерговитратах на регенерацію гліколю.

### 1.2 Метод осушення газу

Для реалізації технологічного процесу обрано абсорбційний метод із використанням рідкого поглинача - триетиленгліколю (ТЕГ).

Суть методу:

Процес базується на здатності концентрованого гліколю (чистота 98-99.5%) активно поглинати водяну пару з газу при безпосередньому контакті. Це фізична абсорбція.

Чому обрано саме ТЕГ?

1. Висока гігроскопічність: Ефективно вбирає воду.
2. Низька випаровуваність: Втрати гліколю з газом мінімальні (на відміну від моноетиленгліколю).
3. Термічна стабільність: Витримує високі температури регенерації (до 204°C) без розкладання.
4. Легкість регенерації: Насичений водою гліколь легко відновлюється шляхом нагрівання та випарювання води.

Рисунок 1.1 - Графічне зображення методів

Процес є безперервним і циклічним: гліколь циркулює між зоною контакту з газом (де він зволожується) і зоною регенерації (де він відновлюється).

1.3 Структура та опис технологічного процесу

Технологічна схема установки гліколевого осушення складається з двох основних контурів: газового тракту та гліколевого тракту.

Рисунок 1.2 - Схема технологічного процесу

Розглянемо процес покровоко:

А. Газовий тракт (Процес осушення)

1. Вхідний сепаратор:

Сирий газ спочатку надходить у вхідний сепаратор.

1. Функція: Відділення крапельної рідини (води, конденсату вуглеводнів) та механічних домішок. Потрапляння рідких вуглеводнів в абсорбер може викликати спінювання гліколю.

2. Абсорбер :

Очищений від крапельної рідини газ надходить у нижню частину абсорбційної колони і рухається вгору.

2. Конструкція: Колона тарілчастого типу (ковпачкові або клапанні тарілки) або з насадкою.

3. Процес: Назустріч газу (зверху вниз) стікає регенований (насичений) гліколь. На тарілках відбувається масообмін: вода з газу переходить у гліколь.

4. Результат: Зверху колони виходить сухий газ, який проходить через краплевловлювач (для збереження гліколю) і йде в магістраль.

Б. Гліколевий тракт (Процес регенерації)

1. Насичений гліколь:

Знизу абсорбера виходить гліколь, насичений водою (концентрація ТЕГ падає до ~95-96%). Він знаходиться під високим тиском (тиск газопроводу).

2. Дегазація:

Гліколь проходить через змійовик у верхній частині десорбера (для попереднього підігріву) і дроселюється (тиск різко знижується) у ємність вивітрювання.

- Мета: Виділення розчинених вуглеводневих газів, які гліколь увібрав в абсорбері. Ці гази використовуються як паливо для пальників ребойлера.

3. Фільтрація:

Гліколь проходить через механічні фільтри (від твердих часток) та вугільні фільтри (для видалення рідких вуглеводнів та продуктів деградації, що викликають спінювання).

4. Теплообмін:

Насичений холодний гліколь нагрівається зустрічним потоком гарячого регенованого гліколю в теплообмінниках "рідина-рідина". Це економить енергію.

5. Ребойлер та Десорбер:

Це серце системи регенерації.

- Процес: Гліколь нагрівається до температури 190-204°C (але не вище температури розкладання). При цій температурі вода випаровується і виходить через верх колони у вигляді пари.

- Стрипінг-газ: Для отримання високої концентрації гліколю (99%+) часто використовують подачу сухого газу (стрипінг-газу) в десорбер, який допомагає "виштовхнути" залишки вологи.

6. Акумулятор та Насоси:

Гарячий відновлений гліколь стікає в акумуляторну ємність, звідки насосами високого тиску знову подається на верх абсорбера, замикаючи цикл.

Ключові параметри, що підлягають контролю:

1. Тиск і температура газу на вході.
2. Витрата газу.
3. Витрата гліколю (повинна бути пропорційна кількості води, яку треба видалити).
4. Температура в ребойлері (критичний параметр якості регенерації).
5. Рівень гліколю в абсорбері та ємностях.

Адсорбційний метод (Тверді поглиначі)

Цей метод використовується, коли необхідна дуже низька точка роси (нижче -40°C ... -100°C), наприклад, перед заводами зрідження газу (LNG) або перед установками глибокої переробки, де навіть мінімальна волога може замерзнути.

2.1 Принцип дії

На відміну від абсорбції (де рідина поглинає газ у всьому об'ємі), адсорбція - це поверхневе явище. Молекули води притягуються і утримуються на поверхні пор твердої речовини (адсорбенту) під дією міжмолекулярних сил (сил Ван-дер-Ваальса).

Типи адсорбентів:

1. Цеоліти (Молекулярні сита): Найефективніші. Мають чітко визначений розмір пор (наприклад, 4 Ангстрема), що дозволяє пропускати молекули метану, але затримувати воду.
2. Силікагель: Гранульований гель кремнієвої кислоти. Дешевший, але менш ефективний при низькій вологості.
3. Активованій оксид алюмінію: Використовується рідше, міцний механічно.

2.2 Структура технологічного процесу

Процес є періодичним (циклічним), тому установка завжди складається мінімум з двох колон (адсорберів):

1. Колонна А знаходиться в режимі сушки (адсорбції).
2. Колонна Б знаходиться в режимі регенерації.

Цикл роботи:

1. Фаза адсорбції: Сирий газ проходить через шар адсорбенту зверху вниз. Волога затримується в порах гранул. На виході отримуємо надсухий газ.
2. Перемикання: Коли адсорбент насичується вологою (досягає точки проскоку), автоматичні клапани перемикають потік газу на іншу колонну.
3. Фаза регенерації (TSA - Thermal Swing Adsorption):
  1. Частина сухого газу (5-10%) відбирають, нагрівають у печі до високої температури (250-300°C).
  2. Гарячий газ пропускають через насичену колонну (зазвичай знизу вгору). Висока температура змушує воду випаровуватися з пор адсорбенту і вноситься з потоком газу.
  3. Потім колонну охолоджують сухим холодним газом перед новим циклом.
3. Низькотемпературна сепарація

Цей метод поєднує осушення газу з видобуванням рідких вуглеводнів (конденсату). Найчастіше застосовується безпосередньо на газових родовищах.

#### 3.1 Принцип дії

Метод базується на фізичному законі: чим нижча температура газу, тим менше вологи він може утримати в пароподібному стані. Якщо газ сильно охолодити, вода і важкі вуглеводні сконденсуються і їх можна буде механічно відділити в сепараторі.

#### 3.2 Способи охолодження

1. Дроселювання (Ефект Джоуля-Томсона): Газ під високим тиском (з свердловини) різко розширюється через штуцер (клапан). При цьому його температура різко падає (на 2-3°C на кожен 1 МПа перепаду тиску).
2. Зовнішнє холодильне обладнання: Використання пропанових холодильних установок (чилерів).

1. У потік газу впроркується інгібітор гідратуутворення (метанол або етиленгліколь), щоб запобігти замерзанню води при охолодженні.
2. Газ проходить через теплообмінники ("газ-газ"), де попередньо охолоджується зустрічним потоком холодного осушеного газу.
3. Газ розширюється (дроселюється) або охолоджується в пропановому випарнику до температури від -10°C до -30°C.
4. У низькотемпературному сепараторі (трифазному) розділяються:

- Осушений холодний газ (іде в магістраль через теплообмінник).
- Вуглеводневий конденсат (цінна сировина).
- Вода з інгібітором (відводиться на регенерацію інгібітора).

#### 4. Мембранний метод

Відносно нова, але перспективна технологія, особливо для морських платформ та компактних установок, де важлива мала вага та відсутність громіздкого обладнання.

#### 4.1 Принцип дії

Використовується властивість селективної проникності. Мембрани виготовляються зі спеціальних полімерів (поліімідів, полісульфонів), які пропускають молекули води значно швидше ("швидкі" молекули), ніж молекули метану ("повільні" молекули).

#### 4.2 Конструкція

Мембранний елемент зазвичай має вигляд порожнистих волокон (hollow fibers). Тисячі тонких трубок зібрані в пучок всередині корпусу.

1. Сирий газ під високим тиском подається всередину волокон або зовні них (залежно від типу).
2. Водяна пара проникає крізь стінки волокон у простір низького тиску.

3. Сухий газ залишається під високим тиском і виходить з іншого кінця модуля (ретентат).

Характеристика Абсорбція (Гліколь) Адсорбція (Цеоліти) НТС (Охолодження) Мембрани

Основна мета Осушення (видалення води) Глибоке осушення (LNG) Осушення + вилучення конденсату Компактне осушення

Точка роси -15°C ... -30°C -60°C ... -100°C Залежить від температури охолодження Залежить від площі мембрани

Капітальні витрати Середні Високі Високі (якщо є холод. машина) Високі (мембрани)

Експлуатаційні витрати Низькі Високі (енергія на піч) Низькі (при дроселюванні) Низькі

Складність автоматизації Середня Висока (циклограма) Середня Низька

Переваги: Немає рухомих частин, не потрібна хімія/реагенти, компактність. Недоліки: Висока вартість мембран, необхідність попереднього ретельного очищення газу від мастила та механічних домішок (щоб не забити пори мембрани)

## РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ, КЕРУВАННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ

### 2.1. Завдання та критерії управління технологічним процесом

Система управління процесом осушення газу повинна виконувати наступні ключові функції:

1. Моніторинг параметрів: безперервний контроль показників газу, що безпосередньо впливають на якість осушення, із забезпеченням точності в межах заданої похибки.
2. Автоматичне регулювання: вплив на виконавчі механізми для підтримки технологічного режиму в автоматичному режимі.
3. Візуалізація: виведення поточних показників процесу на інтерфейс оператора для зручного спостереження та аналізу стану системи.

Головними критеріями ефективності системи визначено:

1. Продуктивність: досягнення максимального рівня осушення газу при оптимізації витрат ресурсів.
2. Надійність: гарантування безвідмовної роботи обладнання завдяки використанню сучасних засобів автоматизації.
3. Безпека: дотримання вимог техніки безпеки та технологічних регламентів під час роботи установки.
- 2.2. Формування контурів регулювання

На основі аналізу матеріальних та інформаційних потоків об'єкта було виділено чотири основні контури керування: сепарації, абсорбції,

дегазації та регенерації. Кожен з них відповідає за окрему ділянку технологічного процесу.

Контур сепарації газу Функція цього контуру - забезпечення умов для ефективної сепарації. Система вимірює тиск, температуру та перепад тиску в апараті. У разі виходу параметрів за межі норми спрацьовує сигналізація. Контроль рівня рідини (промивної та пластової води) здійснюється через опитування датчиків ПЛК, який керує клапанами для скидання рідини. Витрата промивної води регулюється краном на основі аналогових сигналів від витратомірів газу (на виході абсорбера) та води.

Рисунок 2.1 - Контур сепарації

1. Об'єкт керування

Центральним елементом схеми є вертикальний газовий сепаратор. Його завдання - механічне розділення потоку на газову фазу (очищений газ) та рідку фазу .

3. Вхідні та вихідні потоки

1. Вхід: З одного боку в апарат подається вологий неочищений газ. Також передбачена лінія подачі промивної води для очищення газу.

2. Вихід газу: Осушений від краплинної вологи газ виходить через верхній патрубок.

Вихід рідини: Відсепарована рідина (вода/конденсат) накопичується в нижній частині та відводиться через дренажний трубопровід.

3. Контури контролю та регулювання

На схемі реалізовано наступні контури автоматизації:

А. Контроль параметрів безпеки (Моніторинг):

1. Тиск (РТ/РЕ): Давачі встановлені на лінії входу та/або безпосередньо на апараті. Вони передають сигнал на ПЛК. Якщо тиск виходить за межі робочого діапазону (наприклад, занадто високий), спрацьовує аварійна сигналізація.

2. Температура (ТТ/ТЕ): Давач температури контролює тепловий режим процесу. Відхилення від норми також викликає сигналізацію.

3. Перепад тиску: Давач вимірює різницю тиску між входом і виходом (або на фільтруючому елементі). Зростання перепаду тиску свідчить про забруднення сепаратора або перевищення пропускної здатності.

Б. Регулювання рівня рідини:

1. У нижній частині сепаратора встановлені давачі рівня (LT/LE). Вони безперервно вимірюють кількість накопиченої рідини (промивної та пластової води).

2. Сигнал від давачів йде на ПЛК.

3. Коли рівень досягає заданої межі, контролер подає сигнал на відкриття

4. регулюючого клапана (LCV) на лінії зливу рідини. Це дозволяє

5. підтримувати рівень у заданих межах, запобігаючи переповненню апарату або прориву газу в лінію рідини.

В. Регулювання подачі промивної води:

1. Цей контур працює за складнішим алгоритмом. Система зчитує дані з двох витратомірів:

- Витратомір газу (FT) на виході з абсорбера (або сепаратора).

- Витратомір води (FT) на лінії подачі.

2. ПЛК розраховує необхідну кількість води пропорційно до потоку газу.

На основі розрахунків подається керуючий сигнал на кран/клапан подачі води (FCV), збільшуючи або зменшуючи її витрату для забезпечення ефективності процесу.

Контур абсорбції газу Цей контур відповідає за кінцеву якість газу (точку роси). Контролер моніторить температуру та перепад тиску, активуючи сигналізацію при відхиленнях. Подача регенованого гліколю регулюється автоматично: ПЛК аналізує дані про витрату та точку роси газу, а також витрату абсорбенту, і надсилає керуючий сигнал на кран подачі гліколю. Рівні рідини в секціях збору контролюються відповідними датчиками та регулюються клапанами на лініях відведення.

Рисунок 2.2 - Контур абсорбції газу

Центральним елементом схеми є Абсорбер (Абсорбційна колона). Це вертикальний апарат, де відбувається процес масообміну: вологий газ піднімається знизу вгору, а назустріч йому (зверху вниз) подається осушувач - регенований гліколь.

2.1. Ключові контури регулювання

А. Контур контролю якості осушення (Точка роси)

Це найскладніший контур, який забезпечує ефективність процесу.

1. Вимірювання: На лінії виходу осушеного газу (зверху колони) встановлені:

- Давач точки роси (AT/QT): Визначає фінальну вологість газу.

- Витратомір газу (FT): Вимірює об'єм проходження газу.

2. Додатковий вхід: На лінії подачі гліколю також встановлено витратомір абсорбенту (FT).

3. Логіка керування: ПЛК збирає дані з усіх трьох приладів. Він розраховує необхідну кількість гліколю залежно від кількості газу та поточної точки роси.

4. Виконання: Контролер надсилає аналоговий сигнал на регулюючий кран подачі гліколю (FCV), змінюючи його пропускну здатність для підтримки заданої якості осушення.

Б. Контур моніторингу безпеки

Система безперервно стежить за станом середовища всередині колони:

1. Температура (ТТ/ТЕ): Давачі контролюють температуру процесу абсорбції.

2. Перепад тиску (dPT/PDE): Давач диференціального тиску вимірює різницю між входом і виходом колони. Зростання перепаду може свідчити про "захливання" колони або руйнування внутрішніх насадок/тарілок.

Сигналізація: При виході цих параметрів за встановлені межі оператор отримує тривожний сигнал.

В. Контур регулювання рівня рідини

У нижній частині абсорбера накопичується насичений вологою гліколь (і можливо, конденсат у сепараційній секції).

1. Вимірювання: Давачі рівня (LT/LE) контролюють висоту стовпа рідини в кубі колони.

2. Виконання: ПЛК керує клапанами на лініях відведення (LCY). Коли рівень досягає заданої точки, клапан відкривається, випускаючи насичений гліколь на регенерацію, тим самим підтримуючи матеріальний баланс в апараті.  
Контур дегазації Метою є підтримка стабільних умов дегазації. Тиск в апараті регулюється клапаном на виході під управлінням ПЛК. Рівні конденсату та гліколю у відповідних ємностях контролюються датчиками, а їх підтримання забезпечується клапанами, що керуються дискретними сигналами.

Рисунок 2.3 - контур дегазації газу

#### 1. Призначення об'єкта

Основним апаратом є Дегазатор (горизонтальна ємність). Його функція - розділення "насиченого" гліколю, який надходить з абсорбера, на три фази:

1. Газ: Виділення розчинених газів, що потрапили в гліколь під високим тиском.
2. Конденсат: Відділення легких вуглеводнів (плівки на поверхні), щоб вони не потрапили в колону регенерації.
3. Гліколь: Очищений від газів абсорбент, який далі йде на регенерацію.

#### 2. Логіка керування процесом

Схема передбачає три незалежні контури регулювання, які зводяться в ПЛК (Програмований Логічний Контролер):

##### А. Контур регулювання тиску (Аналогове керування)

Це критичний параметр для процесу дегазації. Тиск має бути нижчим, ніж в абсорбері, щоб гази могли вивільнитися, але достатнім для транспортування рідин.

1. Вимірювання: Давач тиску (PT) на лінії відведення газу (верхня частина апарату) безперервно передає поточне значення на ПЛК.
2. Регулювання: ПЛК порівнює значення з уставкою (Set Point).
3. Виконання: Контролер надсилає аналоговий сигнал на регулюючий клапан (PCV) на виході газу. Клапан плавно відкривається або закривається, підтримуючи стабільний тиск "до себе".

##### Б. Контур регулювання рівня гліколю (Дискретне керування)

Гліколь накопичується в основній секції апарату.

1. Вимірювання: Давач рівня (LT) контролює висоту стовпа рідини.
2. Логіка: Оскільки в тексті зазначено керування дискретними сигналами, система працює за принципом "Увімкнено/Вимкнено" (позиційне регулювання):  
- Рівень досягає верхньої межі (High) -&gt; ПЛК посилає сигнал "Відкрити" на клапан.  
Рівень падає до нижньої межі (Low) -&gt; ПЛК посилає сигнал "Закрити".

Виконання: Відсічний клапан (LCV) на лінії виходу гліколю відкривається повністю або закривається.

##### В. Контур регулювання рівня конденсату (Дискретне керування)

Легкі вуглеводні (конденсат) збираються в окремій кишні (або верхньому шарі) апарату.

1. Вимірювання: Окремий давач рівня (LT) у відсіку збору конденсату.
2. Логіка: Аналогічна до гліколю - дискретна. ПЛК стежить за наповненням ємності конденсатом.
3. Виконання: При досягненні заданого рівня спрацьовує клапан (LCV) на лінії відведення конденсату, скидаючи його в дренажну систему або ємність для збору нафтопродуктів.

Контур регенерації Контур забезпечує відновлення властивостей абсорбенту. Температура верху колони регулюється краном за сигналом від термодатчика. Тиск у нижній частині контролюється із системою сигналізації відхилень. Нагрів куба колони регулюється шляхом зміни подачі паливного газу залежно від температури. Подача регенованого гліколю назад у процес здійснюється насосом, керованим контролером.

Рисунок 2.4 - Контур регенерації

#### 1. Призначення процесу

Основне завдання цього контуру - термічне розділення насиченого вологою гліколю (який прийшов з абсорбера) на дві складові: чистий гліколь та водяну пару. Це дозволяє використовувати абсорбент багаторазово (замкнутий цикл).

#### 2. Логіка керування (Контури регулювання)

Система автоматизації в цьому блоці зосереджена на підтриманні точного температурного режиму, оскільки гліколь потрібно нагріти достатньо для випаровування води, але не перегріти, щоб він не розклався.

##### А. Контур нагріву (Куб колони)

Найважливіша частина процесу відбувається в нижній частині (ребойлері/кип'ятильнику).

1. Принцип: Для випаровування води потрібна теплова енергія, яка отримується від спалювання паливного газу.
2. Вимірювання: Давач температури (TT) вимірює температуру гліколю в кубі колони.
3. Регулювання: ПЛК отримує сигнал від термодатчика. Якщо температура падає нижче заданої (вода не випаровується ефективно), контролер відкриває регулюючий клапан (TCV) на лінії подачі паливного газу, збільшуючи інтенсивність горіння. Якщо температура занадто висока - подача газу зменшується.

##### Б. Контур регулювання температури верху колони

Верхня частина колони відповідає за те, щоб пари гліколю не вилетіли в атмосферу разом з водяною парюю.

1. Вимірювання: Термодатчик (TT) у верхній частині колони.
2. Регулювання: За сигналом від цього датчика ПЛК керує відповідним краном (зазвичай це лінія зрошення/рефлюксу, яка подає трохи охолодженого гліколю назад, щоб збити температуру парів). Це забезпечує конденсацію гліколю всередині колони, тоді як водяна пара виходить назовні.

##### В. Контур контролю тиску (Безпека)

1. Моніторинг: У нижній частині колони встановлено давач тиску (PT).

2. Дія: Згідно з вашим описом, тут реалізовано лише функцію сигналізації. ПЛК постійно опитує датчик. Якщо тиск у колоні перевищує допустиму норму (ризик аварії) або стає занадто низьким, вмикається світлозвукова сигналізація для залучення уваги оператора.

##### Г. Контур циркуляції (Повернення в процес)

1. Дія: Після того, як гліколь пройшов регенерацію (став "бідним" на воду), він накопичується в ємності.

Виконання: Насос, яким керує ПЛК, перекачує гарячий регенований гліколь назад до абсорбера (зазвичай через теплообмінники для охолодження) для нового циклу осушення газу.

2.3. Аналіз сигналів об'єкта керування **Сформовано таблиці вхідних та вихідних сигналів об'єкта керування, які наведені в табл. 2.1 і табл. 2.2. Наявність цих таблиць дозволить здійснити правильний вибір засобів автоматизації. Таблиця 2.1 - Таблиця вхідних сигналів**

№	Назва параметру	Точка ОК	Діапазон	Характеристи
1	Тиск на вході на виході з сепаратора		5 - 6 МПа	4 - 20 мА +- 1 %
2	Перепад тиску у сепараторі		0,01 - 0,2 МПа	4 - 20 мА +- 0,5 %
3	Температура у сепараторі	Сепаратор	30 - 40 °С	+- 1 % 4 - 20 мА
4	Витрати промивної води		0 - 1,6 м <sup>3</sup> /год	4 - 20 мА
5	Рівень пластової промивної води		0 - 100 %	4 - 20 мА
7	Перепад тиску у абсорбері		0,01 - 0,1 МПа	4 - 20 мА +- 0,5 %
8	Температура у абсорбері		30 - 40 °С	4 - 20 мА +- 1 %
9	Кількість осушеного газу на виході з абсорбера	Абсорбер	0 - 8200 м <sup>3</sup> /год	4 - 20 мА +- 1 %
10	Точка роси на виході з абсорбера		- 10 °С	4 - 20 мА +- 2 %
11	Витрата абсорбенту		0 - 1,1 м <sup>3</sup> /год	4 - 20 мА +- 1 %
12	Рівень пластової води та абсорбенту		0 - 100 %	4 - 20 мА
13	Рівень конденсату та абсорбенту	Дегазатор	0 - 100 %	4 - 20 мА
14	Тиск у дегазаторі		0,1 - 1 МПа	4 - 20 мА

### РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Автоматизоване робоче місце оператора Для реалізації SCADA-системи та візуалізації процесу обрано ПК QUBE QB у комплекті з монітором Acer SB241YBI. Конфігурація на базі

Вибір засобів автоматизації базується на розробленій функціональній схемі та аналізі таблиць вхідних і вихідних сигналів. Архітектура системи керування побудована за дворівневим принципом:

1. Нижній рівень (рівень поля) Це базовий рівень системи, що забезпечує безпосередню взаємодію з технологічним об'єктом.
1. Склад: первинні вимірювальні перетворювачі (датчики) та виконавчі механізми (клапани, насоси, приводи)

#### 2. Функції:

1. Безперервне вимірювання фізичних параметрів процесу в контрольних точках.
2. Реалізація керуючих впливів на об'єкт (регулювання потоків, тиску, рівнів).
3. Забезпечення надійності та точності первинної інформації.
2. Верхній рівень (рівень керування та візуалізації) Це рівень обробки інформації та взаємодії з персоналом.

1. Склад: Програмовані логічні контролери (ПЛК), станції оператора (ПК), засоби людино-машинного інтерфейсу (HMI) та комунікаційне обладнання.

#### 2. Функції:

- Автоматичний контроль та управління технологічним процесом за закладеними алгоритмами.
- Збір, обробка, архівація та аналіз даних.
- Візуалізація перебігу процесу для оператора (SCADA/HMI).
- Забезпечення зв'язку між компонентами системи.

Рисунок 3.1 - Технологічний об'єкт

#### 3.1 Вибір пристроїв нижнього рівня

Для вимірювання тиску було обрано перетворювач моделі PCE-28. Це рішення прийнято за результатами порівняльного аналізу, з урахуванням вимог до точності вимірювань та умов експлуатації.

Пристрій призначений для контролю абсолютного та надлишкового тиску в газоподібних, пароподібних та рідких середовищах. Основу вимірювального механізму складає п'єзорезистивний монокристалічний кремнієвий елемент.

Конструкція датчика забезпечує ступінь захисту IP65, що дозволяє експлуатувати його в різних промислових умовах. Підключення здійснюється за двопровідною схемою з уніфікованим **вихідним сигналом 4-20 мА.**

**Таблиця 3.1 - Порівняння ,давача PCE-28 та ВСТ22**

№	Назва параметру	Точка ОК	Діапазон	Характеристи
9	PCE-28	ВСТ22		
	Діапазон вимірювання		0 - 40 МПа	0,1 - 60 МПа
	Точність		± 0,05 %	± 0,5 %
	Робоча температура		-50 °С - 170 °С	-40 °С - 100 °С
	Вихідний сигнал		4 - 20 мА	4 - 20 мА

Рисунок 3.2 - Давач тиску PCE-28

У ході порівняльного аналізу засобів вимірювальної техніки для моніторингу перепаду тиску було розглянуто низку альтернативних приладів провідних світових виробників. За результатами комплексної оцінки техніко-експлуатаційних характеристик, як оптимальне рішення обрано інтелектуальний перетворювач диференційного тиску серії FKC.

Вибір даної моделі базується на її повній відповідності регламентованим вимогам до точності вимірювань та сумісності з існуючими системами автоматизації завдяки наявності уніфікованого аналогового вихідного сигналу постійного струму діапазону 4-20 мА.

Конструктивні особливості та принцип дії

Ключовою перевагою обраного перетворювача є застосування передової сенсорної технології. Прилад оснащено унікальним мікроємнісним кремнієвим чутливим елементом, виготовленим за технологією мікроелектромеханічних систем (MEMS).

Принцип дії та переваги архітектури приладу полягають у наступному:

1. Мікрооброблений кристал: Використання монокристалічного кремнію дозволяє мінімізувати гістерезис та втому матеріалу, що забезпечує довготривалу стабільність метрологічних характеристик.
2. Цифрова обробка сигналу: Інтеграція чутливого елемента з високопродуктивним 16-бітним мікропроцесором дозволяє здійснювати лінеаризацію характеристик, температурну компенсацію та самодіагностику в режимі реального часу. Це суттєво підвищує швидкодію приладу та достовірність отриманих даних.
3. Конструкція «Floating Cell» (Плаваюча комірка): Сенсорний блок механічно ізольований від корпусу, що захищає вимірювальний кристал від впливу зовнішніх механічних напруг, вібрацій та надлишкового статичного тиску.

**9** Таблиця 3.2 - Порівняння давача перепаду тиску FKC та BFT210

FKC	BFT210	Діапазон вимірювання	0,001 - 20 МПа	0.000	1 → 2,5 МПа
Точність	± 0,065 %				± 0,5 %
Робоча температура	-30 °C - 80 °C		-20 °C - 85 °C		
Вихідний сигнал	4 - 20 мА		4 - 20 мА		
Електроживлення	10,5 - 45 В		12 - 30 В		

Рисунок 3.3 - Давач перепаду тиску FKC

Вибір засобу вимірювання температури базувався на комплексному аналізі метрологічних вимог технологічного процесу, зокрема робочого діапазону температур та необхідного класу точності. За результатами порівняльного аналізу техніко-експлуатаційних характеристик аналогів, як оптимальне рішення було обрано датчик температури з інтегрованим нормуючим перетворювачем серії MBT 3560 виробництва компанії Danfoss.

Конструктивні особливості та стійкість до зовнішніх впливів

Обраний прилад належить до класу компактних промислових термо перетворювачів, розроблених для експлуатації в жорстких умовах (harsh industrial environments).

1. Матеріальне виконання: Чутливий елемент та електроніка розміщені в захисній гільзі, виготовленій з кислотостійкої нержавіючої сталі марки AISI 316L. Це забезпечує високу корозійну стійкість та механічну міцність приладу.
2. Ступінь захисту: Конструкція корпусу забезпечує ступінь захисту оболонки IP65 (згідно зі стандартом IEC 60529), що гарантує повну пилонепроникність та захист від струменів води, дозволяючи використання в умовах підвищеної вологості та забрудненості.

Принцип дії та вимірювальний елемент

В основі роботи MBT 3560 лежить використання терморезистивного елемента (стандартно Pt1000), опір якого змінюється за лінійним законом залежно від температури середовища. Вбудована електроніка перетворює зміну опору в стандартизований вихідний сигнал. Використання технології тонкопліткових резисторів забезпечує низьку інерційність приладу.

Інтерфейс та метрологічні характеристики

Ключовою перевагою моделі є наявність вбудованого нормуючого перетворювача, що дозволяє інтегрувати датчик безпосередньо в автоматизовану систему керування (АСК ТП) без використання проміжних модулів.

1. Вихідний сигнал: Датчик формує уніфікований аналоговий сигнал постійного струму 4-20 мА. Такий тип передачі даних забезпечує високу завадостійкість на довгих лініях зв'язку та дозволяє здійснювати діагностику обриву лінії.
2. Схема підключення: Реалізовано двопровідну схему підключення, що спрощує монтаж та знижує витрати на кабельно-провідникову продукцію.

<b>9</b>	MBT 3560 Pt 1000	Діапазон вимірювання	-50 - 200 °C	-50 - 150 °C
Точність	± 0,5 %		± 0,3 %	
Ступінь захисту	IP 65		67	
Вихідний сигнал	4 - 20 мА		4 - 20 мА	
Електроживлення	10 - 37 В		10 - 32 В	

**9** Таблиця 3.3 - Порівняння давача температури MBT 3560 з Pt 1000

Рисунок 3.4 - Давач температури MBT

Для забезпечення високоточного комерційного та технологічного обліку витрати робочого середовища, за результатами порівняльного аналізу ринкових пропозицій, обрано вихровий перетворювач витрати (Vortex Flowmeter) Rosemount 8800. Цей вибір зумовлений поєднанням передових конструктивних рішень та стабільних метрологічних характеристик, що вигідно вирізняють дану модель серед аналогів.

Принцип дії та теоретичні основи

Функціонування приладу базується на ефекті утворення вихрової доріжки Кармана. При обтіканні потоком тіла спеціальної форми (shedder bar), встановленого в проточній частині, за ним виникають регулярні вихори.

Конструктивні переваги та надійність (Gasket-Free Design)

Критичною перевагою серії 8800 є унікальна безпрокладкова конструкція корпусу. На відміну від традиційних вихрових витратомірів, де сенсор контактує з середовищем, у Rosemount 8800 застосовано суцільнозварний корпус без ущільнювальних кілець.

Це забезпечує:

1. Максимальну безпеку: Відсутність потенційних точок витіку робочого середовища, що є критичним для вибухонебезпечних або токсичних речовин.
2. Стійкість до агресивних умов: Можливість експлуатації в широкому спектрі температур та тисків без ризику деградації ущільнень.
3. Високу вібростійкість: Застосування технології адаптивної цифрової обробки сигналу (ADSP) дозволяє ефективно відфільтрувати шуми, викликані вібрацією трубопроводу, що гарантує стабільність показань.

Метрологічні характеристики та діапазон вимірювань

Прилад характеризується широким динамічним діапазоном (Turndown Ratio), що дозволяє перекивати значні зміни витрати без втрати точності.

1. Точність вимірювання:

- Для рідин: до  $\pm 0.65$  від вимірюваного значення.
- Для газів та пари: до  $\pm 1.0\%$  від вимірюваного значення.

Діапазон робочих температур: від  $\pm 200$  °C до  $\pm 427$  °C (залежно від виконання).

Експлуатаційна технологічність та діагностика

Важливим фактором вибору стала ремонтпридатність приладу. Конструкція Isolated Sensor дозволяє здійснювати заміну чутливого елемента без зупинки технологічного процесу та розгерметизації трубопроводу. Це мінімізує час простою обладнання. Також витратомір підтримує розширені діагностичні функції через протоколи HART або Foundation Fieldbus, що дозволяє виявляти потенційні проблеми (наприклад, засмічення проточної частини або проблеми з електронікою) на ранніх стадіях.

**Rosemount 8800 ADMAG AXF Діапазон вимірювання 0.3 - 2000 м<sup>3</sup>/год 0.01 - 30 м<sup>3</sup>/год Точність  $\pm 0,65\% \pm 0,35\%$  Електроживлення 24 В 24 В Вихідний сигнал 4 - 20 мА 4 - 20 мА Температура робочого середовища - 200 - 450 °C - 40 - 180 °C Вимірювані середовища рідина, газ, пар рідина**

### 3.4 - Порівняння давача витрати Rosemount 8800 з ADMAG AXF

Рисунок 3.5 - Даваць витрати Rosemount 8800

На основі порівняльного аналізу метрологічних характеристик та техніко-економічних показників (співвідношення «вартість/ефективність»), для контролю рівня робочого середовища обрано ультразвуковий давач серії P43. Даний прилад являє собою сучасний безконтактний засіб вимірювання, що поєднує високу точність, компактність та надійність експлуатації.

Фізичні основи методу вимірювання

Функціонування приладу базується на ехо-імпульсному (Time-of-Flight) методі вимірювання відстані. Пієзоелектричний випромінювач генерує ультразвукові імпульси високої частоти, які поширюються у повітряному просторі резервуара, відбиваються від поверхні рідини або силових матеріалів та повертаються до приймача.

Конструктивні та експлуатаційні переваги

Вибір моделі P43 зумовлений рядом суттєвих технічних переваг:

1. Безконтактний моніторинг: Відсутність фізичного контакту чутливого елемента з вимірюваним середовищем виключає вплив хімічної агресивності, в'язкості або абразивності продукту на сенсор. Це гарантує тривалий термін служби та відсутність механічного зносу.
2. Висока точність та стабільність: Завдяки вузькій діаграмі спрямованості акустичного пучка та вбудованим алгоритмам фільтрації хибних ехо-сигналів, давач забезпечує мінімальну похибку вимірювання навіть в умовах наявності випарів або пилу.

Економічна ефективність: У порівнянні з радарними або мікрохвильовими аналогами, ультразвукова технологія P43 забезпечує необхідний клас точності при суттєво менших капітальних витратах.

Інтерфейс та інтеграція в АСК ТП

Даваць оснащено аналоговим струмовим виходом 4-20 мА, що є промисловим стандартом. Це забезпечує:

1. Високу завадостійкість сигналу при передачі на значні відстані.
2. Пряму сумісність з вхідними модулями програмованих логічних контролерів (ПЛК).

### P43 M30

**Діапазон вимірювання 50 - 500 мм 250 - 3500 мм**  
**Точність  $\pm 0,5\% \pm 1\%$**   
**Електроживлення 15 - 30 В 10 - 30 В**  
**Вихідний сигнал 4 - 20 мА 4 - 20 мА**  
**Температура робочого середовища - 20 - 70 °C - 20 - 70 °C**

### Таблиця 3.5 - Порівняння давача витрати P43 з M30

Рисунок 3.6 - Даваць рівня P43

У процесі проектування системи контролю якості підготовки газу, ключовим етапом став вибір засобу вимірювання температури точки роси, що є критичним параметром ефективності роботи осушувальних установок. На основі багатокритеріального аналізу, що включав оцінку метрологічної точності, діапазону вимірювань, стійкості до кліматичних впливів та комунікаційних можливостей, було прийнято рішення про впровадження датчика CS Instruments FA 510/515.

Призначення та відповідність технологічним вимогам

Обрана серія датчиків розроблена спеціально для моніторингу залишкової вологості в системах стисненого повітря та газів (зокрема, в адсорбційних осушувачах)

1. Широкий діапазон вимірювання: Прилад здатен реєструвати точку роси в діапазоні від  $-80$  °C до  $+20$  °C. Це дозволяє з високою роздільною здатністю контролювати процес глибокого осушення, де концентрація вологи є надзвичайно низькою.
2. Довготривала стабільність: Використання емнісного полімерного сенсора нового покоління забезпечує високу стабільність калібрувальної

кривої в часі, мінімізуючи дрейф показань.

Конструктивні особливості та захищеність

Вагомим аргументом на користь FA 510/515 стала його придатність до експлуатації в жорстких промислових умовах.

1. Механічна та кліматична стійкість: Корпус приладу, виготовлений з цинкового сплаву методом лиття під тиском, забезпечує ступінь захисту оболонки IP65/IP66. Це гарантує герметичність електронного блоку та захист від проникнення пилу і вологи.
2. Стійкість до конденсату: Сенсорний елемент є нечутливим до випадання конденсату, що є типовою проблемою при пусконаладжувальних режимах або аварійних зупинках осушувачів. Після висихання конденсату датчик швидко відновлює робочі характеристики без втрати точності. Інтерфейси та інтеграція в систему керування

Залежно від конфігурації (FA 510 або FA 515), прилад пропонує гнучкі можливості підключення:

1. Аналоговий вихід: Стандартний сигнал 4-20 мА (технологія 2-wire або 3-wire/4-wire) для передачі поточного значення точки роси.
2. Цифровий інтерфейс: Наявність порту RS-485 з підтримкою протоколу Modbus RTU. Це дозволяє отримувати розширений набір даних безпосередньо в ПЛК, реалізуючи концепцію Industry 4.0.

Порівняльна характеристика

У порівнянні з розглянутими аналогами, модель FA 510/515 демонструє:

1. Меншу абсолютну похибку.
  2. Швидшу реакцію на зміну вологості (мала інерційність).
- Наявність вбудованої функції самодіагностики.

**9** FA 510/515 FA 500 Діапазон вимірювання - 80 - 200°C - 60 - 300°C

**Точність ± 1 % ± 1,5 % Ступінь захисту IP 66 65 Вихідний сигнал 4 - 20 мА 4 - 20 мА Температура робочого середовища - 20 - 70 °C - 20 - 50 °C Робочий тиск 1 - 500 бар 1 - 350 бар Навантаження аналогового виходу &lt;500 Ом &lt;500 Ом**

**9** Таблиця 3.6 - Порівняння давача точки FA 510/515 з FA 500

Рисунок 3.7 **9** Давач точки роси 510/515

3.1.2 Вибір виконавчих механізмів

В якості виконавчого органу в контурах автоматичного керування (регулювання рівня та тиску) було обрано соленоїдний (електромагнітний) клапан серії 1901 виробництва компанії GEVAX. Вибір даної моделі ґрунтується на оптимальному співвідношенні техніко-експлуатаційних характеристик, надійності конструкції та економічності доцільності (вартість капітальних вкладень).

Призначення та сфера застосування

Клапан серії 1901 належить до категорії запірної арматури з електромагнітним приводом прямої або пілотної дії (залежно від діаметра умовного проходу). Він призначений для дистанційного дискретного керування (відкриття/закриття) потоками рідких та газоподібних середовищ.

1. Універсальність: Матеріальне виконання ущільнень та корпусу дозволяє використовувати пристрій для роботи з широким спектром робочих середовищ: вода, повітря, інертні гази, пара, світлі нафтопродукти тощо.

Конструктивні особливості та матеріалознавчий аспект

Висока надійність клапана забезпечується використанням якісних конструкційних матеріалів, стійких до корозії та механічного зносу:

1. Корпус: Виконаний з латуні (стандартно марка MS 58 / CW617N). Це забезпечує механічну міцність до тиску та корозійну стійкість у неагресивних середовищах.
2. Внутрішні компоненти: Плунжер, пружина та нерухомий сердечник виготовлені з аустенітної нержавіючої сталі (серії AISI 304/316), що гарантує стабільність магнітних властивостей та довговічність рухомих частин.
3. Мембрана/Ущільнення: Залежно від типу середовища, використовується еластомер NBR, EPDM або FKM (Viton), що забезпечує герметичність класу "А" затвору.

Функціональна логіка та безпека

Обрана модифікація має функціональне виконання "Нормально закритий" (NC - Normally Closed).

1. Принцип дії: У знеструмленому стані (напруга на котушці  $U = 0V$ ) затвор клапана під дією пружини щільно перекриває прохідний переріз. Відкриття відбувається лише при подачі керуючої напруги на соленоїд, що створює електромагнітне поле, яке втягує плунжер.
2. Функція безпеки (Fail-Safe): Така логіка роботи є критично важливою для систем протиаварійного захисту. У випадку аварійного зникнення електроживлення клапан автоматично переходить у закритий стан, відсікаючи подачу робочого середовища та запобігаючи неконтрольованому витоку або переповненню резервуарів.

Технічні переваги

1. Швидкодія: Електромагнітний привід забезпечує час спрацювання в діапазоні мілісекунд (зазвичай 20... 100 мс), що дозволяє використовувати клапан у системах з високою динамікою процесу.
2. Енергоефективність: Оптимізована конструкція котушки забезпечує низьке енергоспоживання в режимі утримання.

**9** GEVAX 1901 GAMA GF-125F

**Матеріал латунь чавун**

**Вид клапана нормально закритий нормально закритий**

**Ступінь захисту IP 65 65**

**Тип електромагнітний електромагнітний**

**Температура робочого середовища - 10 + 80 °C - 5 + 80 °C**

**Напруга 12 В, 24 В, 220 В 24 В, 220 В**

**9** Таблиця 3.7 - Порівняння клапану GEVAX 1901 з GAMA GF -125F

сунук 3.8 - Електромагнітний клапан GEVAX 1901

Базуючись на технічній документації компанії COVNA Automation (міжнародний виробник промислової автоматики), нижче наведено науково-технічне обґрунтування вибору виконавчого механізму для системи регулювання витрати.

Обґрунтування вибору кульового крана з електроприводом

**9** COVNA HK60-Q-3PS

Для реалізації контуру автоматичного регулювання витрати технологічного середовища, за результатами аналізу вимог до динамічних характеристик та типу керуючого впливу, обрано запірно-регулюючий кульовий кран серії НК60-Q-3PS з електричним виконавчим механізмом. Конструктивні особливості запірного органу

Абревіатура "3PS" у маркуванні вказує на трискладову конструкцію корпусу (3-piece design). Таке інженерне рішення надає суттєві експлуатаційні переваги:

1. Ремонтпридатність (Swing-out design): Конструкція дозволяє здійснювати обслуговування запірного елемента та заміну ущільнень (сідла клапана) без демонтажу різьбових або фланцевих з'єднань із трубопроводу. Центральна частина корпусу легко виймається, що мінімізує час простою обладнання.

2. Повнопрохідний переріз (Full Bore): Відсутність звуження в проточній частині мінімізує гідравлічний опір та перепад тиску на клапані у повністю відкритому стані.

Герметичність: Використання полімерних ущільнень (PTFE/RPTFE) забезпечує клас герметичності "A" (нульовий витік), що є критичним для запобігання втрат робочого середовища.

Характеристика електричного приводу (Серія Q)

Ключовим елементом вузла є електричний привід обертальної дії (Quarter-turn actuator), який забезпечує перетворення електричного сигналу в механічний рух штока з високим крутним моментом. Це гарантує надійне перемикання навіть за умов підвищеної в'язкості середовища або перепадів тиску.

Привід підтримує роботу в модулюючому режимі (Modulating type), що є необхідною умовою для завдання плавного регулювання витрати.

Система керування та зворотний зв'язок

Інтеграція пристрою в автоматизовану систему керування (АСК ТП) реалізується через уніфіковані аналогові інтерфейси.

1. Вхідний сигнал керування: 4...20 мА (або 0...10 В). Величина струму пропорційна необхідному куту відкриття клапана.

2. Активний зворотний зв'язок (Position Feedback): Привід оснащено потенціометром або енкодером, який формує вихідний сигнал 4...20 мА. Це дозволяє контролеру в реальному часі верифікувати фактичне фізичне положення запірного органу. Така схема (Closed-loop control) дозволяє автоматично компенсувати гістерезис та підвищує точність позиціонування.

Технічні переваги

1. Високий крутний момент: Забезпечує стабільну роботу запірного органу без заклинювання.

2. Ступінь захисту: Корпус приводу відповідає стандартам IP65/IP67, що дозволяє експлуатацію в умовах підвищеної вологості та запиленості.

3. Функціональна гнучкість: Наявність опції ручного дублера (manual override) дозволяє керувати клапаном у аварійних ситуаціях при відсутності електроживлення.

**Таблиця 3.8 - Порівняння крану НК60-Q-3PS з аналогом НК60-Q-3PS НК3Q-GT Підключення Фланцеві Різьбове Температура – 10 + 180 °C – 10 + 150 °C Ступінь захисту IP 65 65 Напруга DC-12В, 24В; 220В 220В Сигнал 4-20 мА, 1 - 5 В Середовище Стічні води, морська вода, нафту, газ, повітря, спирт Вода, газ, повітря Рисунок 3.9 - Кульовий кран НК60-Q-3PS**

Для забезпечення стабільного **Відведення регенованого абсорбенту з колони регенерації**, за результатами аналізу гідравлічних характеристик та оцінки капітальних витрат (CAPEX), було обрано насосний агрегат Calpeda серії TP (модель 100/A).

Тип та принцип дії

Обраний агрегат класифікується як моноблочний насос з периферійним робочим колесом (Regenerative Turbine Pump).

1. Гідродинаміка: Принцип роботи базується на багаторазовій циркуляції рідини між лопатками робочого колеса та каналом корпусу, що дозволяє створювати високий напір при відносно невеликих витратах. Це робить дану модель оптимальною для технологічних процесів, де необхідно забезпечити стабільний тиск подачі абсорбенту.

2. Моноблочна конструкція (Close-coupled): Електродвигун та насосна частина з'єднані в єдиний блок, що мінімізує габарити установки та виключає необхідність центрування валів під час монтажу.

Матеріальне виконання та конструктивні особливості

Надійність експлуатації насоса забезпечується використанням конструкційних матеріалів, стійких до навантажень:

1. Корпус насоса: Виготовлений з високоякісного чавуну (GJl 200 EN 1561), що забезпечує механічну жорсткість та стійкість до вібрацій.

2. Робоче колесо: Виконане з латуні (P-Cu Zn 40 Pb 2 UNI 5705). Цей матеріал має високу корозійну стійкість у нейтральних та слабоагресивних середовищах.

3. Ущільнення валу: Застосовано торцеве механічне ущільнення (вугілля/кераміка/NBR), яке гарантує герметичність насосної камери та запобігає витоку регенованого абсорбенту в навколишнє середовище.

Вимоги до робочого середовища

Згідно з експлуатаційними вимогами виробника, насос призначений для перекачування рідин з наступними фізико-хімічними властивостями:

1. Чистота середовища: Рідина повинна бути чистою, без вмісту абразивних домішок або довговолоконнистих включень. Це зумовлено малими зазорами між робочим колесом та корпусом (особливість периферійних насосів), наявність абразиву може призвести до швидкого зносу проточної частини.

2. Хімічна активність: Матеріали насоса неагресивні до перекачуваного середовища (сумісність абсорбенту з чавуном та латунню).

3. Температурний режим: Насос розрахований на роботу з рідинами температурою до +90°C, що задовольняє умови процесу регенерації.

Технічні переваги для проекту

1. Компактність: Невеликі габарити дозволяють інтегрувати насос в обмеженому просторі технологічної установки.

2. Стабільність характеристики: Периферійні насоси менш схильні до кавітаційних зривів при наявності невеликої кількості газу в рідині (порівняно зі стандартними відцентровими насосами), що є важливим фактором при відкачуванні рідини з колонного апарату.

Рисунок 3.10 **Насос Calpeda TP 100/A**

**Таблиця 3.9 - Характеристики насосу Calpeda TP 100/A. Продуктивність до 2,4 м<sup>3</sup>/ч Ступінь захисту IP 54 Напруга 220 В Частота обертів 2900 об/хв КПД 91,2 % Потужність 2,2 кВт**

**Вибір пристроїв верхнього рівня**

**Програмований логічний контролер** (ПЛК) є центральним елементом автоматизованої системи керування технологічним процесом (АСК

ТП). Це спеціалізована мікропроцесорна обчислювальна система, що функціонує в режимі реального часу, реалізуючи алгоритми збору даних, логічної обробки та формування керуючих впливів на виконавчі механізми (електродвигуни, соленоїдні клапани, позиціонери тощо).  
Критерії вибору апаратної платформи

Методологія вибору ПЛК базується на комплексному аналізі технічних вимог об'єкта автоматизації. Ключовими детермінантами вибору є:

1. Архітектура введення-виведення (I/O): Кількісний та якісний склад сигналів (дискретні/аналогові), необхідність гальванічної розв'язки.
2. Обчислювальна потужність: Швидкодія центрального процесора (CPU), обсяг програмної пам'яті та час циклу сканування програми, що критично для динамічних процесів.
3. Комунікаційні можливості: Підтримка промислових протоколів (Modbus, Profinet, Ethernet/IP) для інтеграції в SCADA-систему.
4. Експлуатаційна надійність: Стійкість до електромагнітних завад (EMC), кліматичне виконання та наявність сертифікатів промислової безпеки.

Аналіз вимог об'єкта "Осушення газу"

Специфіка технологічного процесу осушення газу вимагає безперервного моніторингу значної кількості термодинамічних параметрів. Згідно з технічним завданням, конфігурація системи включає:

1. Аналогові входи (AI): 20 каналів (датчики температури, тиску, вологості, витрати).
2. Аналогові виходи (AO): 5 каналів (керування регулюючими клапанами).
3. Дискретні входи (DI): 0 каналів (за завданням, хоча базові модулі зазвичай мають вбудовані DI).
4. Дискретні виходи (DO): 7 каналів (керування насосами, відсічними клапанами).

Технічна характеристика обраного контролера Mitsubishi Electric FX5U-32MT/ES

На основі порівняльного аналізу ринкових пропозицій, як базовий модуль керування обрано контролер серії MELSEC iQ-F - модель FX5U-32MT/ES. Цей вибір зумовлений високою продуктивністю платформи, що дозволяє реалізувати складні алгоритми керування, та модульною архітектурою, яка є критично необхідною для забезпечення потрібної кількості аналогових каналів.

Ключові технічні переваги та характеристики:

1. Високопродуктивне ядро:

Контролер оснащено новітнім процесором, що забезпечує виконання логічних інструкцій (LD) за час 34 нс (\$0.034\$ мкс). Це гарантує мінімальний час циклу програми та високу реактивність системи на збурення, що є важливим для підтримки стабільності процесу осушення.

2. Масштабованість та архітектура I/O:

Базовий блок FX5U-32MT/ES має 16 дискретних входів та 16 транзисторних виходів. Для забезпечення вимог щодо 20 аналогових входів та 5 аналогових виходів, система доукомплектується модулями розширення (серії FX5-4AD/FX5-4DA). Високошвидкісна системна шина забезпечує швидкий обмін даними між процесором та модулями розширення без затримок.

3. Комунікаційний потенціал:

Наявність вбудованого порту Ethernet (підтримка Modbus TCP/IP, CC-Link IE Field Basic) та інтерфейсу RS-485 дозволяє легко інтегрувати контролер з панелями оператора (HMI), частотними перетворювачами та верхнім рівнем диспетчеризації.

4. Надійність та захист:

Контролер відповідає міжнародним стандартам електромагнітної сумісності (EMC Directive). Транзисторні виходи (тип Source/Sink) мають захист від перевантажень. Крім того, передбачено енергонезалежну пам'ять для збереження даних без використання батарейки, що знижує витрати на обслуговування.

5. Інженерне середовище GX Works3:

Програмування здійснюється у відповідності до стандарту IEC 61131-3, що підтримує мови **Ladder Diagram (LD), Structured Text (ST) та Function Block Diagram (FBD)**. Це дозволяє створювати структурований, зрозумілий код та ефективно використовувати функціональні блоки для типових задач (ПІД-регулювання, масштабування сигналів).

З метою забезпечення фізичного підключення необхідної кількості сигналів (20 аналогових входів та 5 аналогових виходів), базовий блок FX5U-32MT/ES має бути доукомплектований відповідними модулями розширення. Базовий модуль стандартно оснащений лише цифровими каналами та обмеженою кількістю вбудованих аналогових входів (зазвичай 2 канали по напрузі), що є недостатнім для вирішення поставленої задачі.

Нижче наведено розрахунок конфігурації апаратних засобів для відповідності технічному завданню.

Специфікація архітектури системи керування

Для інтеграції 20 аналогових датчиків (сигнали 4-20 mA) та 5 виконавчих механізмів з аналоговим керуванням пропонується наступна конфігурація модулів розширення серії MELSEC iQ-F:

Таблиця 3.10 - конфігурація модулів розширення серії MELSEC iQ-F

Тип модуля	Модель	Кількість, шт.	Характеристика (на 1 модуль)	Загальна ємність каналів	Призначення
Базовий модуль (CPU)	FX5U-32MT/ES	1	16 DI / 16 DO (Transistor)	32 дискретні точки	Центральний обчислювальний вузол, керування дискретними сигналами.
Аналогове введення	FX5-4AD	5	4 канали (Вхід: -10...+10V / -20...+20mA)	20 AI	Збір даних з датчиків тиску, температури, рівня та витрати.
Аналогове виведення	FX5-4DA	2	4 канали (Вихід: -10...+10V / 0...20mA)	8 AO (5 задіяно, 3 резерв)	Керування регулюючими клапанами та приводами.

Обґрунтування конфігурації

1. Підсистема збору даних (Analog Input): Використання 5 модулів FX5-4AD забезпечує рівно 20 каналів вводу. Модулі підтримують 12-бітну роздільну здатність та мають гальванічну ізоляцію між каналами і шиною контролера, що мінімізує вплив електромагнітних завад на точність вимірювань.
2. Підсистема керування (Analog Output): Для реалізації 5 каналів керування необхідно використати 2 модулі FX5-4DA (оскільки один модуль має 4 канали). Це створює апаратний резерв (3 вільні канали), який може бути використаний для майбутньої модернізації системи без додаткових капітальних вкладень.
3. Енергетичний баланс та монтаж: Усі модулі підключаються через шину розширення праворуч від процесорного блоку. При проектуванні шафи

керування слід врахувати споживання струму від внутрішньої шини 5В та 24В. За необхідності, система може бути доповнена модулем живлення (наприклад, FX5-1PSU-5V), якщо сумарне споживання модулів перевищить потужність вбудованого джерела живлення базового блоку. Таблиця 3.11 - Характеристики ПЛК Mitsubishi FX5U-32MT/ES

#### Характеристика FX5U-32MT/ES

Кількість аналогових входів (AI) 2

Кількість аналогових виходів (AO) 1

Кількість дискретних входів (DI) 16

Кількість дискретних виходів (DO) 16 Живлення 220В Розмір пам'яті 64,000 кроків RAM

Інтерфейси Ethernet, RS485

#### Рисунок 3.11 ПЛК Mitsubishi FX5U-32MT/ES

Для забезпечення необхідної кількості каналів вимірювання та розширення апаратних можливостей базового контролера обрано модуль аналогового вводу MELSEC iQ-F серії FX5-8AD. З огляду на загальну кількість датчиків у системі, проектом передбачено встановлення трьох таких модулів. Це дозволить повністю покрити потреби в підключенні аналогових сигналів до ПЛК.

Детальні технічні характеристики та переваги:

1. Сумісність та інтеграція: Модуль розроблено спеціально для роботи з контролерами серій FX5U та FX5UC, що гарантує повну сумісність за внутрішньою шиною даних та спрощує програмування.
2. Вхідні канали: Пристрій має 8 каналів, кожен з яких може бути індивідуально налаштований на роботу з різними типами сигналів (напруга або струм), що забезпечує гнучкість при підборі датчиків.
3. Висока точність перетворення:
  1. Роздільна здатність: 16 біт (дозволяє фіксувати найменші зміни вимірюваної величини).
  2. Точність:  $\pm 0.1\%$  (для повної шкали при температурі  $25 \pm 5$  °C).
4. Швидкодія: Висока швидкість аналого-цифрового перетворення (приблизно 200 мкс/канал) дозволяє використовувати модуль у швидкоплинних технологічних процесах.
5. Експлуатаційні параметри:
  3. Живлення: 24 В постійного струму (від зовнішнього джерела або внутрішнього джерела ПЛК).
  4. Робочий діапазон температур: від -10 до +55 °C (дозволяє встановлення в промислових шафах керування без додаткового клімат-контролю в більшості випадків).
6. Ізоляція: Наявність гальванічної ізоляції між вхідними клемми та ланцюгами керування ПЛК підвищує завадостійкість системи.

#### Рисунок 3.12 - Модуль Mitsubishi FX5-8AD

Для реалізації функцій плавного керування виконавчими механізмами системою передбачено використання спеціального адаптера аналогового виводу MELSEC iQ-F серії FX5-4DA-ADP. Цей модуль забезпечує перетворення цифрових команд контролера в уніфіковані аналогові сигнали (напруга або струм).

Технічні характеристики та переваги:

1. Архітектура та сумісність: Модуль виконано у форматі адаптера, що монтується з лівого боку процесорних модулів серій FX5U та FX5UC. Це дозволяє компактно розмістити обладнання без використання додаткового місця на DIN-рейці.
2. Канали керування: Пристрій надає 4 незалежних вихідних канали. Це дозволяє одночасно керувати чотирма різними процесами (наприклад, положенням чотирьох клапанів або швидкістю чотирьох двигунів).
3. Висока точність (Роздільна здатність): 16 біт.
  - Що це дає: Це забезпечує надзвичайно плавне регулювання. Діапазон вихідного сигналу ділиться на 65 536 кроків, що дозволяє уникнути "сходинок" при зміні керуючого впливу.
4. Експлуатаційна надійність:
  - Живлення: 24 В постійного струму (інтегрується в загальну схему живлення щита автоматики).
  - Температурний режим: Робота в діапазоні від -10 до +55 °C забезпечує стабільність характеристик у промислових умовах.

#### Рисунок 3.13 - Модуль Mitsubishi FX5-4DA-ADP

Як альтернативу роздільній архітектурі (системний блок + монітор), використовується промисловий панельний комп'ютер Advantech PPC-3151. Даний пристрій являє собою моноблочну систему, розроблену спеціально для експлуатації в жорстких умовах промислового середовища, що забезпечує підвищену відмовостійкість системи керування.

Технічна характеристика:

1. Конструктивне виконання:
  - Пристрій виконано у безвентиляторному (fanless) корпусі, що виключає затягування пилу всередину системи охолодження та знижує ризик механічних поломок рухомих частин.
  - Передня панель має ступінь захисту IP65, що забезпечує повну пилонепроникність та захист від струменів води, дозволяючи проводити санітарну обробку робочого місця оператора.
2. Обчислювальна потужність:
  - Комп'ютер базується на процесорах Intel Core i3/i5 (покоління Desktop), що забезпечує достатню продуктивність для обробки великих масивів даних у реальному часі, архівації змінних процесу та генерації звітів.
  - Підсистема пам'яті передбачає використання твердотільних накопичувачів (SSD), стійких до вібраційних навантажень.
3. Засоби візуалізації та вводу:
  - Діагональ екрана: 15 дюймів (доступні модифікації до 21.5"), що є оптимальним для відображення мнемосхем.
  - Сенсорний екран: 5-провідний резистивний (дозволяє працювати в рукавичках) або емсійний, що усуває потребу в використанні клавіатури та миші, заощаджуючи простір у шафі керування.
4. Комунікаційні інтерфейси:

- Наявність двох незалежних портів Gigabit Ethernet дозволяє фізично розділити мережу польового рівня (зв'язок з ПЛК FX5U) та офісну

мережу підприємства (передача звітів), що підвищує кібербезпеку системи.

- Вбудовані порти RS-232/422/485 забезпечують пряму сумісність із промисловим обладнанням без використання перехідників.

Рисунок 3.14 - Advantech PPC-3151

Для забезпечення живлення компонентів системи було обрано джерело живлення виробництва Mean Well. Вибір цього бренду ґрунтується на результатах аналізу ринку, що підтвердив оптимальне співвідношення номінальної потужності, експлуатаційної надійності та вартості. Пристрій гарантує стабілізацію вихідної напруги та оснащений вбудованими контурами захисту від короткого замикання і перевантажень, що є критичним для безпечної роботи датчиків та контролерів

Підсистема живлення реалізована на базі блоку живлення компанії Mean Well. Це рішення прийнято за підсумками порівняльного аналізу ринкових пропозицій, де ключовими критеріями виступали енергоефективність, відмовостійкість та бюджетні обмеження.

Рисунок 3.15 - Блок живлення Mean Well

Використання даного блоку живлення дозволяє:

1. Забезпечити стабільним струмом широке коло споживачів: від чутливих вимірювальних датчиків до виконавчих механізмів системи керування.
2. Підвищити загальну продуктивність системи завдяки мінімізації пульсації напруги.
3. Гарантувати безпеку обладнання завдяки інтегрованим системам захисту.

**Таблиця 3.13 - Характеристики ЧП АЕ-200 Потужність 2,2 кВт Вхідна напруга 220В Вихідна напруга три фази 220В Вихідна частота струму 0 - 600 Гц Вхідна частота струму 40-65 Гц Захист від короткого замикання, перегріву, перевантаження Рисунок 3.16 - Частотний перетворювач АЕ-200**

#### 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕРХНЬОГО РІВНЯ СИСТЕМИ

4. **Побудова графічного інтерфейсу користувача-оператора.**

4.1.1 **Створення нового проекту в WinCC Для** створення графічного представлення системи контролю процесу осушування газу **підключенням його до контролера необхідно виконати наступні дії: 1. створити новий проект в WinCC 2. в Graphics Designer нарисувати візуальний вигляд процесу 3. створити теги для кожного елемента візуального зображення системи 4. підключити теги до візуальних елементів системи 5. скопіювати результат роботи Для створення нового проекту WinCC потрібно виконати наступні дії:**  
а) Запустити WinCC, для цього вибрати меню Пуск Simatic WinCC Windows Control Center. б) В діалоговому вікні, яке при цьому з'явилося, обрати "створити Single-User", ввести назву та розташування свого проекту. в) Після цього з'явилося вікно із створеним проектом

4. **Для того, щоб створити візуальне зображення системи, потрібно виконати наступні дії:** а) Запустити Graphics Designer, для цього потрібно знайти його в "головному дереві" проекту, та в контекстному меню обрати "Open". Запуститься Graphics Designer, вікно якого має вигляд (див. рисунок 3.1).

б) Для створення індикаторів режиму роботи в блоці Object Palette обрати закладку Standart, в закладці відкрити папку Standart Objects, знайти елемент Circle і перетягнути його в робочий простір. Таким методом було створено 2 індикатори режиму роботи системи.

Рисунок 3.1 - Зовнішній вигляд графічного дизайнера

в) Екран індикації складається з чотирьох семи сегментних індикаторів. Кожний сегмент індикатора створюється індивідуально, в такій послідовності. В блоці Object Palette потрібно обрати закладку Standart, в закладці відкрити папку Standart Objects, знайти елемент Rectangle і перетягнути його в робочий простір.

В результаті виконаної роботи отримано реальне візуальне зображення процесу керування об'єктом.

4.1.2 Створення тегів та побудова інтерфейсу

Теги створюються в WinCC, їхні значення розподіляються по всій системі менеджером даних. Ці теги можуть являти собою внутрішні обчислення, граничні значення, результати підключення або прості системні події, такі як час, дія мишею натискання комбінації клавіш, або навіть значення вимірів.

Виділяють наступні типи тегів: зовнішні, внутрішні теги і теги кадрів повідомлень.

Зовнішні теги використовуються для збору змінних процесу. Внутрішні теги служать для зберігання значень і станів в середині системи.

Двійкові і аналогові теги є компонентами редактора реєстрації тегів, які містять архівні властивості значень процесу (зовнішніх тегів) і внутрішніх тегів.

Теги кадрів повідомлень, одна або кілька точок виміру процесу можуть бути згруповані в тег кадру повідомлення. Цей тип передачі найчастіше застосовується при протоколюванні дуже швидких процесів, або коли збір даних виконується в блоках ПЛК. В загальному випадку використовуються двійкові, або аналогові значення [11].

Теги можуть знаходитися в пам'яті ПЛК або інших пристроїв. WINCC використовує теги для внесення динаміки на екран. Теги зберігаються в ієрархії Tag Management (Управління Тегами).

Щоб внести динаміку на екран було створено теги для кожного елемента системи. Для створення тегів потрібно виконати наступні дії:

а) В дереві проекту знайти Tag Management Add New Driver, та за допомогою контекстного меню додати драйвер SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE, рисунок 3.2 та 3.3.

Рисунок 3.2 - Додавання драйвера

Рисунок 3.3 - Вибір драйвера

б) У вікні, Connection properties потрібно налаштувати параметри, обрати Datatype (Тип даних) Binary Tag (Бінарний тег), встановити перемикач на Project-wide update. Аналогічним чином потрібно створити теги для кожного елемента, з відповідними назвами та параметрами.

Рисунок 3.4 - Створення зв'язку із драйвером

Рисунок 3.5 - Вікно Connection properties

Рисунок 3.6 - Створення тегів

**4 Розроблений інтерфейс користувача-оператора складається з** набору мнемосхем, які схематично прив'язані до загальної схеми процесу осушування газу. **Після проведеної роботи відкомпілював проект, натиснувши відповідну кнопку на панелі. В результаті компіляції** **появилася вікно Runtime з результатами, в якому можна перевірити правильність роботи.**

**Рисунок 3.7 - Вікно Tag properties**

Рисунок 3.8 - Вікно створених тегів

Наступними кроками є визначення вимог до операторської станції верхнього рівня та розроблення візуального програмного забезпечення для користувача.

4.2 Виконувані функції та склад операторської станції

**10 Операторська станція призначена для контролю та оперативного відображення інформації про хід технологічного процесу, а також для дистанційного керування.**

**Операторська станція отримує інформацію від** ПЛК Simatic.

За допомогою операторської станції виконується:

1. представлення інформації про стан технологічних параметрів (температура, тиск, перепад тиску, тощо) та положення запірно-регулюючої апаратури;
2. дистанційне керування виконавчими механізмами;
3. сигналізація про технологічні та приладні помилки;
4. автоматична стабілізація рівня в абсорбери, подачі газу та РДЕГу;

**10 реєстрація виникнення помилок і даних в архіві. Інформація представляється на екрані монітора у вигляді мнемосхем, цифрових значень, барографів (стовпчиків), списків, графіків і текстових повідомлень. Сигналізація свідчить про порушення ходу технологічного процесу або про несправності технічних засобів керування. Для сигналізації використовується кольорове виділення.**

**10 Операторська станція складається з апаратних і програмних засобів.**

**До складу апаратних засобів операторської станції входять наступні пристрої:**

1. панельний комп'ютер з декількома моніторами;
2. миша;
3. клавіатура.

**10 Програмне забезпечення операторської станції складається з двох компонентів:**

4. базового програмного забезпечення;
5. програмного забезпечення споживача (прикладного).

Базове програмне забезпечення є універсальним, тобто не залежить від характеру технологічного процесу і особливостей системи керування.

В ролі базового програмного забезпечення в операторській станції використовується операційна система Microsoft **10 Windows.**

**Програмне забезпечення споживача (прикладне) працює під керуванням базового програмного забезпечення. Воно розроблене з урахуванням конкретного проекту автоматизації.**

4.4 Інструкція користувача для роботи з проектом

На рис 3.9 наведена головна форма проекту. Програма автоматично активізується з правами доступу користувача «Оператор». В верхній частині головного вікна програми відображаються останні повідомлення про зміну стану обладнання, про попередження або тривогу. При виникненні аварійної ситуації клавіша з назвою відповідної мнемосхеми виділяється червоним кольором.

Також у вікні відображається номер версії програмного забезпечення та інформація про авторизованого користувача. На мнемосхемах зображаються числові значення контрольованих параметрів, стан технологічного обладнання, яке підлягає автоматизації, аварійна сигналізація та індикація причини виникнення аварії (для окремих об'єктів).

При виході параметрів за допустимі межі їх числові значення відображається на жовтому фоні при попереджувальній сигналізації або на червоному фоні при аварійній сигналізації, а також супроводжується реєстрацією в журналі.

Типові позначення, які використовуються в мнемосхемах, представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Типові позначення, які використовуються в мнемосхемах

Позначення Опис

- |   |
|---|
| Технологічний параметр в нормі  |
| Проблеми з давачем.   |
| Вихід технологічного параметру за межі попереджувальної сигналізації. |
| Вихід технологічного параметру за межі аварійної сигналізації.        |
| Трубопровід РДЕГу   |
| Трубопровід НДЕГу   |
| Трубопровід газу  |
| Регулюючий клапан в проміжному положенні                              |
| Регулюючий клапан закритий  |
| Регулюючий клапан відкритий   |

Відсічний клапан закритий  
Відсічний клапан відкритий

Виклик оглядової мнемосхеми цеху здійснюється натисненням клавіші «Цех» у головному вікні програми  
На мнемосхемі виводиться узагальнена інформація по абсорберах цеху :

1. витрату газу через абсорбер;
2. температура газу на виході абсорбера;
3. температура газу на вході абсорбера;
4. витрату РДЕГу;
5. рівень ДЕГ на глухій тарілці;
6. рівень конденсату;
7. положення регулюючих клапанів на подачі та скиді ДЕГу;
8. положення регулюючих клапанів на подачі та скиді ДЕГу;
9. положення регулюючого клапану газу.

Для вибору вікна з детальною інформацією необхідно клацнути по номеру абсорбера.

На оглядовій мнемосхемі «Цех» можна змінювати завдання регуляторів рівня та витрати.

Рисунок 3.9 — Оглядова мнемосхема цеху

На мнемосхемі «Абсорбер» виводиться детальна інформація про стан абсорбера.

Рисунок 3.10 — Мнемосхема «Абсорбер»

У верхній частині розташовані кнопки переходу на мнемосхеми з детальною інформацією по інших абсорберах.

На мнемосхемі виводяться наступні параметри:

Температура у вихідному газопроводі  
Температура у вхідному газопроводі  
Температура РДЕГ на вході  
Тиск у вихідному газопроводі  
Тиск РДЕГ на вході  
Перепад тиску у вихідному газопроводі  
Перепад тиску РДЕГ на вході  
Перепад тиску на насадці абсорбера  
Перепад тиску на фільтрелементах абсорбера  
Рівень НДЕГ над глухою тарілкою  
Рівень конденсату під глухою тарілкою  
Положення регулюючого клапана газу FV01201  
Положення регулюючого клапана НДЕГ LV01301  
Положення регулюючого клапана РДЕГ FV01205

При підведенні курсора «мишки» до технологічного параметри з'являється підказка з описом даного параметру.

Керування виконавчими механізмами здійснюється шляхом зміни завдання контуру ПІД-регулювання в автоматичному режимі або положення клапана в ручному режимі.

Для прискорення виконання дій оператором, ручне положення клапана можна ввести безпосередньо з мнемосхеми абсорбера. Для цього призначене відповідне поле вводу (рис. 3.11).

Рисунок 3.11 — Поле вводу для ручного вводу даних

При автоматичному регулюванні, завдання параметру здійснюється на полі вводу з білим фоном (рис.3.12).

Рисунок 3.12 — Поле вводу для завдання параметрів

Мнемосхеми складаються з об'єктів. У проекті установки осушування газу використані наступні об'єкти:

10. аналоговий параметр;
11. регулюючий клапан;
12. відсічний клапан;
13. контур регулювання.

Налаштування об'єктів здійснюється за допомогою додаткових вікон, що відображаються після клацання мишкою по об'єкту.

Об'єкт «Аналоговий параметр» призначений для відображення значення технологічного параметру, налаштування діапазону вимірювання давача та введення границь попереджувальної та аварійної сигналізації. Об'єкт має 4 вікна. На рисунку наведено вікно діагностики, на якому відображено значення технологічного параметру у числовому вигляді та у вигляді гістограми, спрацювання сигналізації, діагностика помилок.

Рисунок 3.13 — Об'єкт «Аналоговий параметр»

Форма «Графік» є інтуїтивно зрозумілою.

Рисунок 3.14 — Приклад вікна «Графік»

Контур регулювання показані на мнемосхемі детального огляду абсорбера за допомогою стрілки, що проходить від параметру регулювання до

виконавчого механізму.

Рисунок 3.15 — Контур регулюванн

Об'єкт «Контур регулювання» має 4 елементи: керування, графік, повідомлення, налаштування. Вікно «Налаштування» доступне тільки для перегляду операторами.

Рисунок 3.16 — Вікно «Налаштування»

За допомогою вікна «Керування» об'єкту «Контур регулювання» здійснюється визначення режиму роботи регулятора (ручне керування/автоматичне керування); завдання регульованого технологічного параметру, яке необхідно підтримувати в автоматичному режимі та ручне положення клапана для ручного режиму керування.

## ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті вирішено актуальне науково-технічне завдання автоматизації технологічного процесу осушування природного газу. За результатами виконаної роботи сформульовано наступні висновки:

1. Здійснено системний аналіз об'єкта керування. Проведено детальне дослідження технології підготовки газу, що видобувається з підземних сховищ (ПСГ) або родовищ. Визначено, що процес абсорбційного осушування є складним об'єктом із розподіленими параметрами, який вимагає точної стабілізації точки роси для запобігання гідратуутворенню та корозії магістральних трубопроводів.

2. Розроблено структурно-алгоритмічне забезпечення системи. На основі аналізу технологічного регламенту побудовано схему інформаційно-матеріальних потоків, що дозволило ідентифікувати основні канали збурень та керування. Розроблено функціональну схему автоматизації (ФСА), яка охоплює ключові технологічні підсистеми:

- блок вхідної фільтрації та сепарації (очищення від механічних домішок і краплинної вологи);
- блок абсорбції (масообмінний процес осушування);
- блок запірно-регулюючої арматури обв'язки абсорбера;
- вузол дегазації (відділення розчинених газів);
- блок регенерації гліколю (відновлення концентрації абсорбенту).

3. Обґрунтовано вибір комплексу технічних засобів автоматизації (КТЗ). Для реалізації нижнього рівня системи обрано сучасні засоби вимірювання та керування:

- датчики тиску, температури та рівнеміри з уніфікованими вихідними сигналами, що забезпечують необхідну метрологічну точність;
- виконавчі механізми: насосні агрегати для циркуляції гліколю та електромагнітні клапани високого тиску для оперативного керування потоками.

4. Реалізовано апаратну частину системи керування. В якості ядра системи автоматичного керування обрано програмований логічний контролер (ПЛК) Mitsubishi FX5. Вибір даного контролера обумовлений його високою швидкістю та комунікаційними можливостями. Для обробки сигналів від датчиків та видачі керуючих впливів систему доукомплектовано модулями розширення.

5. Розроблено людино-машинний інтерфейс (SCADA). Для реалізації верхнього рівня (APM оператора) обґрунтовано вибір середовища WCC, яке є оптимальним рішенням з точки зору функціональності та вартості ліцензування. У даному середовищі спроектовано мнемосхеми для візуалізації та диспетчерського керування всіма технологічними ділянками: від вхідної сепарації до регенерації реагенту. Система забезпечує моніторинг параметрів у реальному часі, архівацію даних та аварійну сигналізацію.

Даний проєкт є актуальний в сучасних реаліях для забезпечення ефективного використання ресурсів та застосування на компресорних станціях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Установки осушки газа та їх эксплуатация [Електронний ресурс] -[http://ni.biz.ua/1/1\\_8/1\\_89856\\_ustanovki-osushki-gaza-i-ih-ekspluatatsiya.html](http://ni.biz.ua/1/1_8/1_89856_ustanovki-osushki-gaza-i-ih-ekspluatatsiya.html)
- Сучасні методи осушування газу [Електронний ресурс] -<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3876>
- Gas Dehydration System Overview [Електронний ресурс] -  
<https://kimray.com/training/gas-dehydration-system-overview>
- Давач тиску PCE-28 [Електронний ресурс] -<https://aplisens.com/pdf/produkty/EN.IO.PCE.PRE.28.Revision.01.A.001.pdf>
- Давач перепаду тиску FKC [Електронний ресурс] -  
[https://remix.in.ua/ua/p592297364-datchik-differentsialnogo-davleniya.html?srltid=AfmBOorJGOhpKG0UNanT72\\_V6KsEsge8rcuyHGII SPcAX0x\\_g5gmoxsd](https://remix.in.ua/ua/p592297364-datchik-differentsialnogo-davleniya.html?srltid=AfmBOorJGOhpKG0UNanT72_V6KsEsge8rcuyHGII SPcAX0x_g5gmoxsd)
- Давач температури MBT [Електронний ресурс] -  
<https://profimann.com.ua/uk/avtomatika-i-upravlenie/datchiki-temperatury/danfoss-mbt-5250-datchik-temperatury-50-mm-084z8011/>
- Давач витрати Rosemount 8800 [Електронний ресурс] -  
[https://esm.com.ua/vyhrevyj-lichlynyk-vytratmir-rosemount-8800df030-dn80?srltid=AfmBOoq32NN2DsUAz\\_D0zrKAWFqrTJyXZdZsOoz3NX2hABa-uqfuBzBK](https://esm.com.ua/vyhrevyj-lichlynyk-vytratmir-rosemount-8800df030-dn80?srltid=AfmBOoq32NN2DsUAz_D0zrKAWFqrTJyXZdZsOoz3NX2hABa-uqfuBzBK)
- Давач рівня PIL P43 [Електронний ресурс] -  
<https://abr-electric.com.ua/index.php?id=pil-sensoren>
- Давач точки роси 510/515 [Електронний ресурс] -  
<https://sigmatek.com.ua/tochka-rosy/148-datchik-temperatury-tochki-rosy-fa-510-515.html>
- Електромагнітний клапан GEVAX 1901 [Електронний ресурс] -  
<https://goodmax.com.ua/ru/product/elektromagnitnyj-klapan-gevax-1901-12-priyamoego-dejstviya-nc-0-6-bar>
- 9 **Модуль Mitsubishi FX5-8AD, 9 Модуль Mitsubishi FX5-4DA-ADP [Електронний ресурс] -**  
[https://mitsubishi-electric-eshop.mee.com/mee/FA\\_IA/en/EUR/Catalogue/PLC/PLC-Compact/Main-Unit/FX5U-32MT-ESS/p/00000000000280491](https://mitsubishi-electric-eshop.mee.com/mee/FA_IA/en/EUR/Catalogue/PLC/PLC-Compact/Main-Unit/FX5U-32MT-ESS/p/00000000000280491)
- Частотний перетворювач AE-200 [Електронний ресурс] -  
<https://verstat.zt.ua/faq/setup-yingshida/>