

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

**БР.АКПз-21.00.00.000 ПЗ**

**Група АКПз-23-1К**

**Петро Баланюк**

**2025**

Міністерство освіти і науки України  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Факультет автоматизації та енергетики  
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Баланюк Петро Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК

681.5

(індекс)

## БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Автоматизація установки комплексної підготовки газу

(назва роботи)

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва освітньої програми)

174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

### Нормоконтроль

асистент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.І.Лагойда

(ініціали та прізвище)

### Здобувач освітнього ступеня

АКПз-23-1К

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

П.В.Баланюк

(ініціали та прізвище)

### Рецензент

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.І.Фешанич

(ініціали та прізвище)

### Науковий керівник

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

В.С.Борин

(ініціали та прізвище)

### Допущено до захисту

### Завідувач кафедри

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

А.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ - 2025

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Спеціальність 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри АКІТ.**

\_\_\_\_\_/Лагойда А.І./

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р

**З А В Д А Н Н Я**

**НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Баланюку Петру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизація установки комплексної підготовки газу

керівник роботи Борин Василь Степанович, к.т.н., доцент

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від « 07 » травня 20 25 року № 53/8

2. Строк подання студентом роботи 13.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи Технологічний регламент, літературні джерела

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Аналіз технологічного процесу регенерації

диетиленгліколю як об'єкту автоматизації. Синтез системи автоматичного управління технологічним процесом регенерації диетиленгліколю.

Технічна реалізація процесу регенерації диетиленгліколю.

Розробка SCADA-системи процесу регенерації диетиленгліколю

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

Лист 1 - Технологічна схема установки комплексної підготовки газу - БР.АКПз - 21.00.00.000 01

Лист 2 – Передавальні функції - БР.АКПз - 21.00.00.000 02

Лист 3 - Годограф Михайлова - БР.АКПз - 21.00.00.000 03

Лист 4 - Схема підключень контролера - БР.АКПз - 21.00.00.000 04

Лист 5 – Мнемосхема блоку регенерації гліколю - БР.АКПз - 21.00.00.000 05

Лист 6 – Функціональна схема автоматизації - БР.АКПз - 21.00.00.000 06

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 06 листопада 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу регенерації диетиленгліколю як об'єкту автоматизації	25 березня 2025	
2	Синтез системи автоматичного управління технологічним процесом регенерації диетиленгліколю	15 квітня 2025	
3	Технічна реалізація процесу регенерації диетиленгліколю	05 травня 2025	
4	Розробка SCADA-системи процесу регенерації диетиленгліколю	30 травня 2025	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

П.В.Баланюк \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

В.С.Борин \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

У роботі проведено детальний аналіз технологічного процесу регенерації діетиленгліколю, розглянуто його призначення, фізико-хімічну суть та особливості реалізації. Обґрунтовано вибір основних параметрів контролю та управління, а також розроблено функціональну схему автоматизації установки з урахуванням вимог до стабільності та ефективності технологічного процесу.

Алгоритми та програмне забезпечення для корекції керуючих сигналів створено на основі положень теорії ідентифікації динамічних об'єктів. Імітаційне моделювання подальшої поведінки системи здійснено з використанням прикладного програмного середовища MATLAB, що дало змогу оцінити динаміку процесів та ефективність запропонованих рішень. Обґрунтовано доцільність використання сучасних засобів автоматизації для підвищення ефективності та надійності функціонування установки. Запропоновано структурну схему автоматизованої системи керування, визначено ключові параметри контролю та регулювання. Впровадження автоматизованого керування дозволяє забезпечити стабільність технологічних режимів, зменшити енерговитрати та продовжити термін служби абсорбенту.

У середовищі *Promotic* розроблено SCADA-систему для візуалізації блоку регенерації гліколю. Реалізована система забезпечує інтерактивну взаємодію оператора з технологічним процесом, оперативне відображення параметрів та зручне перемикання між вікнами інтерфейсу.

**Ключові слова:** регенерація, комплексна підготовка, діетиленгліколь, десорбція, регулювання, автоматизація, ідентифікація, управління

## ABSTRACT

The work provides a detailed analysis of the technological process of diethylene glycol regeneration, considers its purpose, physicochemical essence and implementation features. The choice of the main control and management parameters is justified, and a functional scheme of the installation automation is developed taking into account the requirements for the stability and efficiency of the technological process.

Algorithms and software for correction of control signals were created based on the principles of the theory of identification of dynamic objects. Simulation modeling of the further behavior of the system was carried out using the MATLAB application software environment, which made it possible to evaluate the dynamics of processes and the effectiveness of the proposed solutions. The feasibility of using modern automation tools to increase the efficiency and reliability of the installation is substantiated. A structural diagram of an automated control system is proposed, and key control and regulation parameters are determined. The introduction of automated control allows to ensure the stability of technological modes, reduce energy consumption and extend the service life of the absorbent.

A SCADA system for visualization of the glycol regeneration unit has been developed in the Promotic environment. The implemented system provides interactive interaction of the operator with the technological process, prompt display of parameters, and convenient switching between interface windows.

**Keywords:** regeneration, complex preparation, diethylene glycol, desorption, regulation, automation, identification, control

## ЗМІСТ

	ст.
<b>ВСТУП .....</b>	<b>9</b>
<b>1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДИЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ ЯК ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....</b>	<b>11</b>
1.1 Призначення блоку і суть процесу регенерації диетиленгліколю.....	11
1.2. Аналіз технологічної схеми установки комплексної підготовки газу....	13
1.3. Вибір і обґрунтування параметрів контролю і регулювання.....	15
Висновки до розділу.....	17
<b>2 СИНТИЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДИЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ.....</b>	<b>18</b>
2.1 Експериментальне визначення динамічних характеристик об'єкта керування внаслідок впливу аперіодичних сигналів.....	18
2.2 Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів неперервної дії в одноконтурній автоматичній системі регулювання.....	21
2.3 Аналіз стійкості автоматизованої системи регулювання.....	21
2.4 Оцінка якості одноконтурної системи регулювання.....	22
Висновок до розділу.....	23
<b>3 ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДИЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ.....</b>	<b>24</b>
3.1 Розробка функціональної схеми процесу регенерації.....	24
3.2 Вибір технічних засобів автоматизації.....	26
3.3 Розробка схем підключень.....	39
Висновки до розділу.....	43

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Баланюк П.В.			Автоматизація установки комплексної підготовки газу Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Борин В.С.				6	52	
Реценз.		Фешанич Л.І.				ІФНТУНГ АКПз-23-1К		
Н. Контр.		Лагойда Л.І.						
Затверд.		Лагойда А.І.						

<b>4 РОЗРОБКА SCADA-СИСТЕМИ ПРОЦЕСУ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДИЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ .....</b>	<b>44</b>
4.1 Вибір програмного забезпечення для реалізації автоматизованої системи керування .....	44
4.2 Створення SCADA-системи процесу регенерації.....	45
Висновок до розділу.....	49
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>51</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....</b>	<b>52</b>

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

САК – система автоматичного керування;

БФС – блок фільтрації та сепарації;

ДЕГ – діетиленгліколь;

УОГ – установка осушки газу;

ПСГ – підземне сховище газу;

ВМ – виконуючий механізм;

ГР – горюча рідина;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПК – промисловий комп'ютер;

ПІД – пропорційно-інтегрально-диференціальний (регулятор);

ФСА - функціональна схема автоматизації

ТЗА - технічні засоби автоматизації

УГЗ – умовно-графічне зображення;

ПЗ - програмне забезпечення

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів є одним із ключових чинників підвищення продуктивності праці, забезпечення стабільної якості продукції та зниження енерговитрат. Сучасні промислові об'єкти — як діючі, так і ті, що перебувають на етапі проектування, — в обов'язковому порядку оснащуються засобами автоматизації, що дозволяє підтримувати технологічні параметри на оптимальному рівні та оперативно реагувати на відхилення від заданих режимів.

Україна володіє потужною газотранспортною інфраструктурою, яка виконує функцію транзиту природного газу з Російської Федерації до країн Центральної та Західної Європи. Для забезпечення безперебійної та конкурентоспроможної роботи газотранспортної системи впроваджуються заходи з модернізації: реконструюються компресорні станції, оновлюється лінійна частина магістральних газопроводів, будуються нові об'єкти інфраструктури.

Особливу увагу приділяють процесу осушення газу, що є важливою складовою його підготовки до транспортування. Природні газу, перебуваючи тривалий час у надрах землі, насичуються водяною парою внаслідок контакту з пластовими водами. Вологість газу визначається його складом, тиском та температурою. За певних умов волога у присутності легких вуглеводнів утворює гідрати — тверді кристалічні сполуки, подібні до снігу або льоду, які осідають на стінках трубопроводів, зменшують їхній переріз або повністю закупорюють прохідний канал. Перевищення допустимого вмісту вологи в газі не лише загрожує ускладненням експлуатації газопроводів, а й тягне за собою штрафні санкції відповідно до умов міжнародних договорів, що регламентують якість транзитного газу.

З огляду на вищезазначене, осушення вуглеводневих газів є обов'язковим етапом їх підготовки до транспортування магістральними газопроводами.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Виробнича практика передбачає використання абсорбційних та адсорбційних методів осушки. Серед абсорбційних методів найпоширенішими є процеси, що базуються на застосуванні рідких абсорбентів — гліколів (етиленгліколь, діетиленгліколь, триетиленгліколь). У разі застосування адсорбційних методів використовують силікагель або цеоліти.

На сьогодні найбільш ефективним і розповсюдженим способом осушення газу в магістральних системах транспортування є абсорбція вологи гліколями. Адсорбційні методи, хоча й застосовуються, мають обмежене поширення через вищу вартість та складність реалізації. У результаті тривалої експлуатаційної практики накопичено значний обсяг знань у сфері проектування та функціонування установок абсорбційного типу. Зокрема, розроблено нові конструкції технологічного обладнання: абсорберів, десорберів, підігрівачів гліколю, сепараторів тощо.

Досягнення необхідного ступеня осушення природного газу забезпечується використанням водних розчинів гліколів із концентрацією 99–99,5% масових. Цей показник безпосередньо залежить від ефективності функціонування системи регенерації гліколю, зокрема діетиленгліколю (ДЕГ). Відхилення технологічних параметрів у процесі регенерації призводить до зниження концентрації робочого розчину, що, своєю чергою, погіршує якість осушки газу та знижує ефективність усього технологічного циклу.

Забезпечення стабільної роботи системи регенерації та підтримання оптимальних параметрів можливе лише за умови впровадження високоточної, адаптивної автоматизованої системи керування. Такі системи створюються на базі сучасних засобів обчислювальної техніки, програмованих логічних контролерів (ПЛК) та SCADA-систем.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДИЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ ЯК ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

## 1.1 Призначення блоку і суть процесу регенерації диетиленгліколю

Природні гази, що знаходяться в надрах Землі, упродовж тривалого часу перебувають у контакті з водою, внаслідок чого насичуються водяною парою. Вологість газу визначається його хімічним складом, тиском і температурою. За певних термодинамічних умов можливе утворення кристалічних сполук — гідратів, які виникають у результаті взаємодії водяної пари з легкими вуглеводнями. Ці тверді утворення, що мають вигляд снігу або льоду, відкладаються на стінках трубопроводів, зменшуючи їхній вільний переріз або повністю блокуючи рух газу.

Таким чином, осушення природного газу є критично важливою технологічною операцією в процесі його підготовки до транспортування магістральними газопроводами. Відповідно до нормативних вимог, усі гази, що подаються до газотранспортної системи, повинні бути осушені до заданих параметрів вологості. Для забезпечення надійної експлуатації трубопроводів точка роси газу має бути на 2–3 °С нижчою за мінімальну температуру охолодження під час транспортування.

У промисловій практиці осушення вуглеводневих газів реалізується шляхом застосування абсорбційних або адсорбційних методів. Серед абсорбційних методів найбільш поширеним є використання рідких абсорбентів — гліколів (етиленгліколь, діетиленгліколь, триетиленгліколь). У випадку адсорбційних технологій застосовуються, як правило, силікагелі або цеоліти. Проте найбільш ефективним і розповсюдженим способом є абсорбція вологи за допомогою гліколів, тоді як адсорбційні методи мають обмежене застосування через складність та вартість апаратурного оформлення.

За останні роки накопичено значний обсяг досвіду щодо проєктування, експлуатації та модернізації установок абсорбційного й адсорбційного типів.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Розроблено нові ефективні конструкції абсорберів, десорберів, вогневих підігрівачів гліколю, сепараторів тощо [1], [2].

Абсорбційне осушення ґрунтується на масообмінних процесах абсорбції та десорбції, які лежать в основі розділення вуглеводневих газів. У промисловості абсорбційний метод застосовується не лише для осушення, а й для вилучення газового бензину та скраплених вуглеводнів (наприклад, пропан-бутанових сумішей). У процесах абсорбції та десорбції беруть участь дві фази — газова й рідка, між якими відбувається перехід компонентів.

На практиці абсорбції піддаються газові суміші, компоненти яких мають здатність до селективного поглинання конкретним абсорбентом. Компоненти, які поглинаються, називають абсорбованими (або активними), тоді як інші — інертними газами.

Десорбція характеризується двома ключовими аспектами: статика і кінематика процесу. Статика десорбції — це рівноважний стан між рідкою та газовою фазами, який встановлюється за тривалого контакту. Цей стан визначається термодинамічними властивостями як абсорбенту, так і абсорбованого компонента, а також температурою і тиском системи. Кінематика десорбції пов'язана зі швидкістю масообміну та залежить від рушійної сили процесу, властивостей обох фаз, інтенсивності контакту та режиму їх взаємного руху (протитік, прямиотік, перехресний рух тощо).

У десорберах можливе реалізування як неперервного, так і ступінчастого контакту. В установках із неперервним контактом фази рухаються без змін характеру руху, а рушійна сила змінюється плавно вздовж висоти апарату. У разі ступінчастого контакту апарат складається з окремих ступенів, між якими відбувається дискретна зміна параметрів та умов масообміну.

Абсорбційні процеси поділяють на фізичну абсорбцію та хемосорбцію. При фізичній абсорбції розчинення компонентів не супроводжується хімічними реакціями, і над розчином існує рівноважний тиск, що обмежує розчинність газу. Процес поглинання триває доти, доки парціальний тиск компонента в

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

газовій фазі перевищує рівноважний тиск над розчином. У випадку хемосорбції відбувається утворення хімічної сполуки, що супроводжується значним зниженням або повною відсутністю рівноважного тиску. Якщо хімічна реакція є незворотною, можливе практично повне вилучення компонента з газової фази.

У промислових умовах абсорбція зазвичай супроводжується наступною десорбцією, що дозволяє багаторазово використовувати абсорбент. У випадку одноразового використання, десорбція не проводиться. Варто зауважити, що умови, оптимальні для десорбції, є протилежними до умов, необхідних для ефективної абсорбції [1]–[3].

## **1.2 Аналіз технологічної схеми установки комплексної підготовки газу**

Технологічна схема установки комплексної підготовки газу представлена на рисунку 1.1.

Зволожений природний газ після проходження через пункт очищення та вимірювання (встановлення фільтрів-сепараторів) надходить до абсорбера К-1. У нижній частині абсорбера розміщені сепараційні елементи, що забезпечують попереднє виділення краплинної вологи з газового потоку. У середній частині апарата газ контактує з 98,5%-м розчином діетиленгліколю, що розподіляється по ковпачкових тарілках. У результаті масообмінного процесу газ осушується до точки роси  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  за робочого тиску 4 МПа.

У верхній частині абсорбера здійснюється сепарація залишків діетиленгліколю з потоку осушеного газу. Після цього осушений газ транспортується через газозбірний колектор на холодильну установку та далі — на вхід компресорного цеху.

Насичений водою розчин діетиленгліколю з глухої тарілки абсорбера дроселюється до тиску 1,6 МПа, після чого надходить до трубної частини теплообмінників Т-1 та Т-2, де підігрівається до температури  $58\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Далі розчин

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

прямує до вивітрювальної ємності Е-2, в якій відбувається часткове видалення розчинених газів.

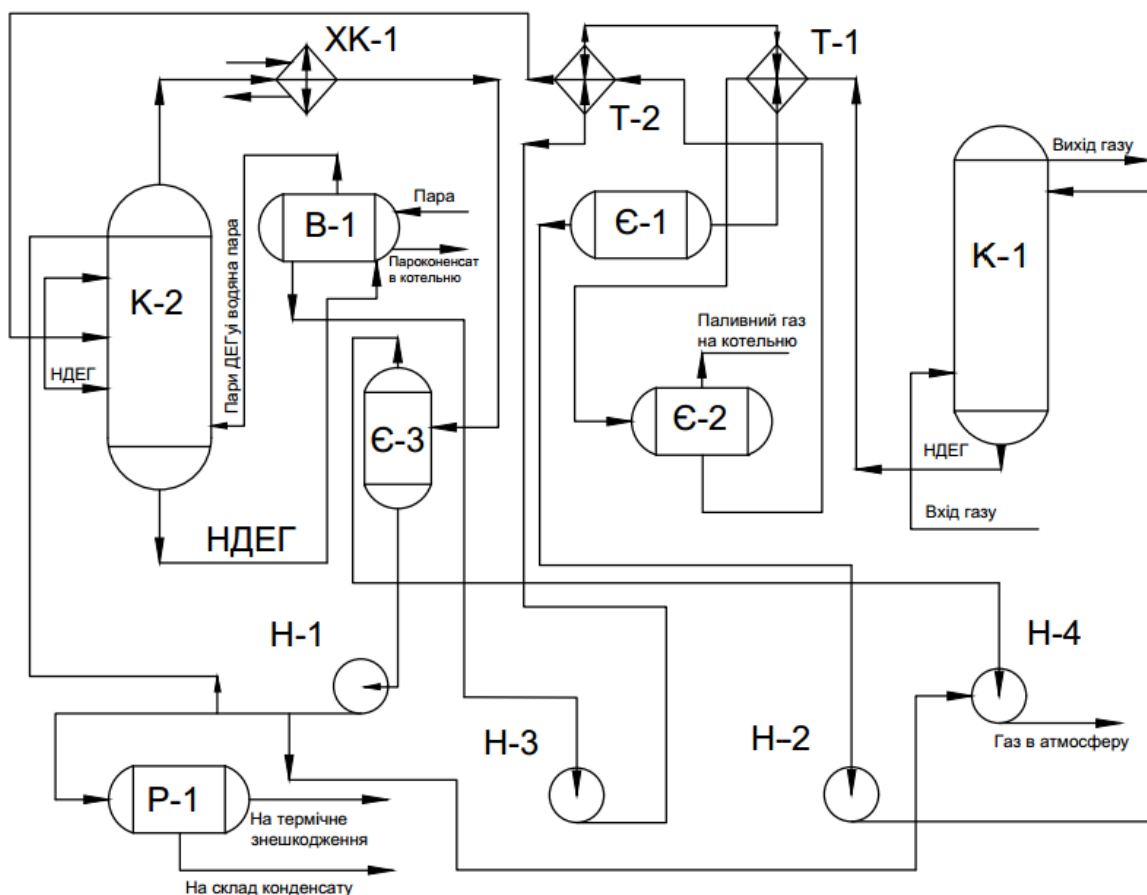


Рисунок 1.1 – Технологічна схема установки комплексної підготовки газу

Із ємності Е-2 діетиленгліколь направляється повторно через теплообмінники Т-1 і Т-2, де нагрівається до температури 115 °С. Після цього він надходить до десорбера К-2 для проведення процесу регенерації.

У верхній частині десорбера підтримується температура на рівні 70 °С шляхом подачі рефлюксу для зрошення. Температура в нижній частині апарата забезпечується подачею пари діетиленгліколю з випарника В-1, де її температура становить 160–164 °С. Нагрівання у випарнику здійснюється за рахунок подачі перегрітої технологічної пари з котельні з параметрами: температура — 190 °С, тиск — 1,3 МПа, витрата — 17 200 кг/год.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Очищений (регенерований) діетиленгліколь із випарника за допомогою насоса Н-3 подається до зворотної (затрубної) частини теплообмінників Т-1 і Т-2, де охолоджується з 160 °С до 60 °С.

Після охолодження регенерований абсорбент надходить у проміжну ємність Е-1, звідки насосом Н-1 повторно подається в абсорбер К-1 для повторного використання в процесі осушення.

Пари з верхньої частини десорбера (що складаються з водяної пари, газів, десорбованих легких вуглеводнів) з температурою 70 °С прямують у водяний холодильник ХК-1, де охолоджуються до 35 °С. Під час охолодження водяна пара повністю конденсується. Отриманий конденсат потрапляє до проміжної ємності Е-3, де відбувається розділення фази: газова складова відкачується насосом Н-4, а рідка частина (рефлюкс) розділяється на два потоки. Один із них за допомогою насоса Н-2 повертається до десорбера як зрошення, інший — скеровується до горизонтального роздільника Р-1, а звідти — на очисні споруди.

### **1.3 Вибір і обґрунтування параметрів контролю і регулювання**

На ефективність процесу регенерації діетиленгліколю (ДЕГ) впливають такі основні параметри: концентрація та витрата абсорбенту, температура і тиск у десорбційному апараті.

#### *Концентрація та витрата абсорбенту.*

Для забезпечення заданої якості осушення природного газу, зокрема досягнення точки роси на рівні  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , використовують водні розчини гліколю з масовою концентрацією в межах 99,0–99,5 %. Концентрація гліколю безпосередньо залежить від глибини його регенерації. Зокрема, при регенерації ДЕГ за тиску 0,1 МПа типове значення концентрації становить близько 97,5 %. Для досягнення вищих концентрацій абсорбенту застосовують вакуумну регенерацію в десорбері.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Оптимальна концентрація гліколю визначається умовами фазової рівноваги між парціальним тиском водяної пари над розчином та у газовій фазі за заданої температури. Витрата діетиленгліколю, що подається до абсорбера, залежить від параметрів технологічного процесу (тиску, температури та складу газу) і зазвичай становить від 25 до 35 м<sup>3</sup>/год.

*Температура в десорбері.*

Підвищення температури в десорбційному апараті сприяє інтенсифікації процесу десорбції за рахунок посилення теплового руху молекул та зменшення їхньої здатності утримуватися в рідкій фазі. Однак максимальне значення температури регламентується термостійкістю абсорбенту. У практиці експлуатації температура в десорбері, як правило, перебуває в діапазоні від 110 до 167 °С і залежить від типу гліколю та методу теплопостачання в регенераційному циклі.

*Тиск у десорбері.*

Зниження тиску в десорбері позитивно впливає на процес десорбції поглинутих компонентів, зокрема вологи, оскільки зменшення тиску знижує рівноважний парціальний тиск води над розчином, підвищуючи градієнт концентрацій. Робочий тиск у десорберах зазвичай коливається в межах 0,11–1,1 МПа, залежно від фізико-хімічних властивостей абсорбенту та компонентів, які видаляються.

Регулювання тиску в десорбційному апараті здійснюється автоматизовано за допомогою регулюючого клапана, встановленого на лінії виводу десорбованих компонентів.

Окрім вищезазначених технологічних параметрів, у процесах абсорбції та десорбції здійснюється постійний контроль складу газової фази за допомогою газоаналізаторів, зокрема хроматографічних систем, що дозволяє оперативно виявляти відхилення в роботі установки та забезпечувати стабільність технологічного режиму.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## Висновки до розділу

У даному розділі бакалаврської роботи здійснено аналіз технологічного процесу регенерації діетиленгліколю як об'єкта автоматизованого керування. Надано техніко-технологічну характеристику вхідної сировини та кінцевого продукту, розглянуто функціонування установки підготовки газу загалом, із детальним аналізом блоку регенерації абсорбенту.

Ключовими параметрами, що впливають на ефективність процесу, є: концентрація гліколю, температура та тиск у десорбційному апараті, а також витрата абсорбенту. Від їхнього значення залежать глибина осушення газу, стабільність технологічного режиму та енерговитрати на регенерацію.

Належний рівень точності та якості регулювання параметрів технологічного процесу має вирішальне значення для забезпечення ефективної роботи установки. Відхилення ключових технологічних величин призводить до зниження ступеня осушення газу, збільшення витрат на регенерацію абсорбенту, а також підвищення собівартості готової продукції, що негативно впливає на економічні показники підприємства.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

## 2 СИНТИЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДИЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

### 2.1 Експериментальне визначення динамічних характеристик об'єкта керування внаслідок впливу аперіодичних сигналів

Об'єктом регулювання є десорбційна колона, в якій здійснюється регенерація диетиленгліколю до заданого ступеня.

У даному дослідженні застосовано метод аперіодичних впливів (так званий стрибковий вплив). Цей метод базується на припущеннях, що об'єкт дослідження є лінійним у разі коливання вхідної змінної в межах невеликих амплітуд, що його динамічні властивості залишаються сталими в часі, а вихідна змінна не залежить від просторових координат об'єкта.

Перш за все необхідно визначити вхідну та вихідну змінні системи. Вхідним параметром виступає відкриття регулюючого органу, тобто кількість пари, що подається до колони, а вихідною — сигнал вторинного приладу. У якості вторинного приладу використовується реєструючий прилад типу КСП-4

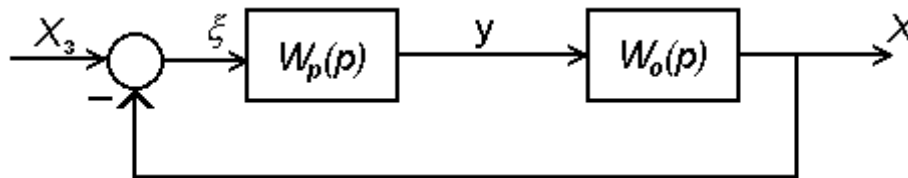
Вхідний вплив формується шляхом зміни відкриття регулюючого органу, при цьому фіксується відповідна зміна вихідної величини — сигналу вимірювального перетворювача.

Етап підготовки апаратури полягає у виборі приладу для реєстрації зміни вихідної змінної. Клас точності такого приладу повинен бути не нижчим за 0,5 при найменшій зоні нечутливості. Також прилад має забезпечувати відповідний діапазон шкали реєстрації та швидкість руху діаграмного блоку, при яких зміна реєстрованої величини займає на діаграмному блоці від 100 до 200 мм по ширині (значення змінної) та від 200 до 250 мм по довжині (час).

Враховуючи зазначені вимоги, для проведення експерименту обрано вторинний прилад типу КСП-4 зі шкалою від 10 до 200 °С, напругою живлення  $U = 220$  В та класом точності 0,5.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

В нашому випадку приймаємо за швидкодіючий контур - контур "витрата пари-температура низу колони", а за основний—"витрата пари-якість вихідного продукту".



$X_3$  -сигнал завдання;

$X$  -вихідний сигнал;

$\zeta$  -розбаланс;

$W_p(p)$  -передавальна функція регулятора;

$W_o(p)$  -передавальна функція керованого об'єкта.

Рисунок 2.1 - Спрощена структурна схема одноконтурної АСР

Усереднені результати експериментальних досліджень за каналами регулювання наведені у таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 - Результати експерименту по каналу "витрата парів-температура низу колони"

t, хв	$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /Год	T, °С	t, хв	$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /Год	T, °С	t, хв	$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /Год	T, °С
0	14.3	175.0	12	14.3	167.0	24	14.3	166.5
3	14.3	171.3	15	14.3	166.7	27	14.3	166.5
6	14.3	168.9	18	14.3	166.6	30	14.3	166.5
9	14.3	167.7	21	14.3	166.6	33	14.3	166.5

Таблиця 2.2 - Результати експерименту по каналу «витрата парів-якість регенерації диетиленгліколю»

t, хв	$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /год	q, %	t, хв	$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /год	q, %	t, хв	$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /год	q, %
0	14.3	95.120	15	14.3	97.912	30	14.3	98.225
3	14.3	95.536	18	14.3	98.047	33	14.3	98.234
6	14.3	96.888	21	14.3	98.128	36	14.3	98.241
9	14.3	97.361	24	14.3	98.181	39	14.3	98.248
12	14.3	97.690	27	14.3	98.206	42	14.3	98.250

Оскільки крива об'єкта за каналом «витрата парів – температура низу колони» має S-подібну форму, для її апроксимації використано передавальну функцію другого порядку. Перехідну характеристику об'єкта за каналом «витрата парів – якість вихідного продукту» апроксимовано аперіодичною ланкою другого порядку.

Максимальна похибка апроксимації за першим каналом становить  $DM = 2,340\%$  у точці  $T = 60$  хв, а за другим каналом –  $DM = 1,60\%$  у точці  $T = 15$  хв.

Згідно з результатами розрахунку, передавальна функція за каналом «витрата парів – температура низу колони» має наступний вигляд:

$$W(p) = \frac{-0.312 \cdot (0.033p + 1) \cdot e^{-2.5p}}{2.7377p^3 + 10.0762p^2 + 6.7302p + 1}$$

Передавальна функція за каналом «витрата парів – якість вихідного продукту» представлена у вигляді:

$$W(p) = \frac{0.45 \cdot e^{-2.6p}}{1694p^3 + 611.9p^2 + 51.1p + 1}$$

Отримані значення похибок апроксимації відповідають встановленим вимогам точності.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

## 2.2 Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів неперервної дії в одноконтурній автоматичній системі регулювання

Керований об'єкт з точки зору автоматизації потребує забезпечення високої точності регулювання основних технологічних параметрів, зокрема якості вихідного продукту десорбційної колони, автоматична система керування якої розглядається в даному дослідженні.

Для регулювання якості вихідного продукту, тобто ступеня регенерації диетиленгліколю, застосовується ПІД-регулятор. Цей регулятор характеризується високою швидкодією завдяки диференціюючій складовій, при цьому статична похибка регулювання дорівнює нулю.

Передавальна функція ПІД-регулятора записується у вигляді:

$$W_p(p) = \frac{C_1 \cdot p + C_0 + C_2 \cdot p^2}{p}$$

Параметри налаштування регулятора  $C_0, C_1, C_2$  визначаються із застосуванням електронно-обчислювальної машини (ЕОМ) на основі передавальної функції об'єкта керування. Розрахунок параметрів виконується за методом Циглера-Нікольса, який передбачає пошук критичної частоти, при якій об'єкт перебуває на межі стійкості.

Отримані оптимальні значення параметрів налаштування мають вигляд:

$$C_0=0.03789053, \quad C_1=5.026457, \quad C_2=2.$$

Обрано результати, отримані за методом Циглера-Нікольса, як оптимальні для подальшого застосування.

$$\text{Отже, } W_p(p) = \frac{5.026457 \cdot p + 0.03789053 + 2 \cdot p}{p}$$

## 2.3 Аналіз стійкості автоматизованої системи регулювання

Відповідно до критерію Михайлова, автоматична система керування, описувана рівнянням n-го порядку, вважається стійкою, якщо при зміні частоти  $\omega$  від нуля до плюс нескінченності характеристичний вектор системи  $F(j\omega)$

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

повертається проти годинникової стрілки на кут  $n(\pi/2)$  без проходження через нуль.

На основі отриманих даних побудовано годограф Михайлова, представлений на рисунку 2.2.

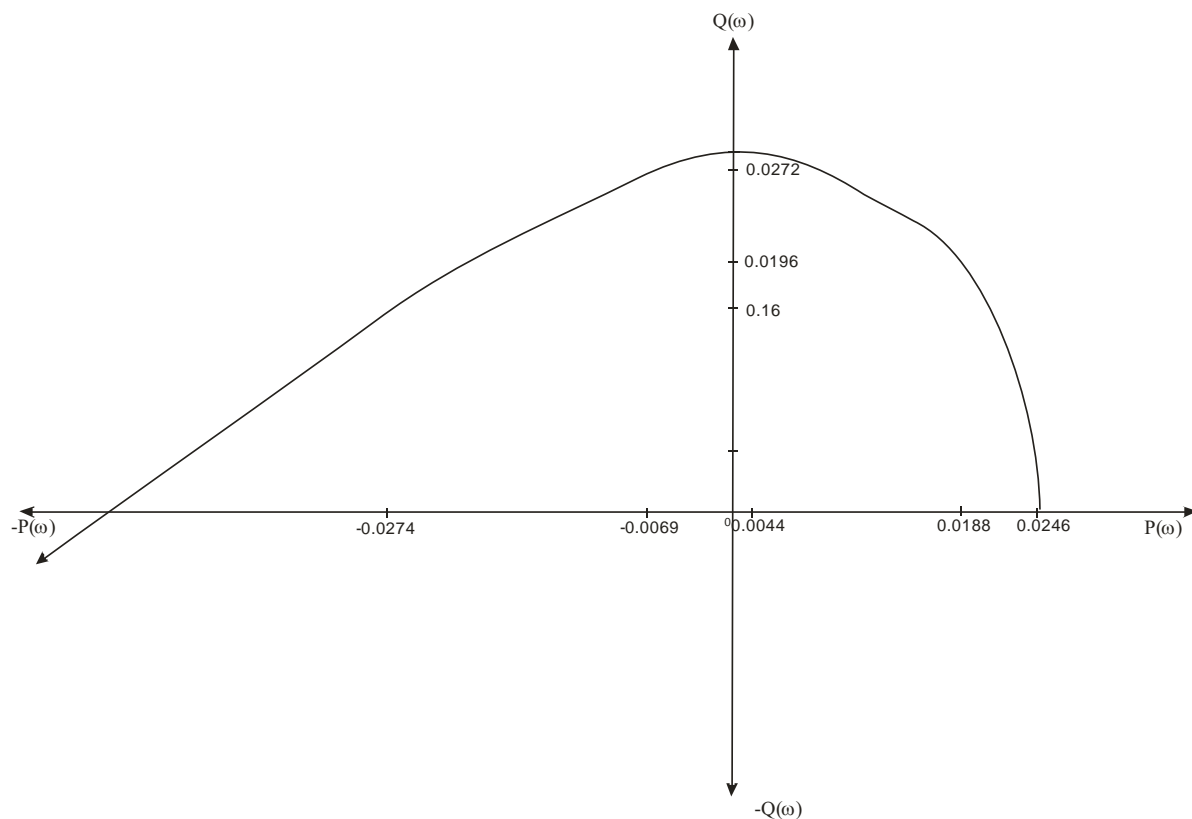


Рисунок 2.2 – Годограф Михайлова для оцінки стійкості одноконтурної системи по каналу «витрата пари-температура низу колони»

Аналіз годографа показує, що він проходить через три квадранти, що відповідає вимогам критерію Михайлова. Таким чином, за даним критерієм система є стійкою.

#### 2.4 Оцінка якості одноконтурної системи регулювання

Якість автоматичної системи регулювання визначається сукупністю властивостей, які забезпечують ефективне функціонування системи. Кожна з цих властивостей має кількісний вираз і називається показником якості.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Всі показники якості АСР отримують на основі перехідних характеристик системи. Для визначення перехідних характеристик було використано електронно-обчислювальну машину (ЕОМ) та сучасне програмне забезпечення МСАД. Для цього в ЕОМ було введено передавальні функції замкнутих систем, чисельно отримані раніше. Перехідну характеристику системи, що відповідає зворотному перетворенню Лапласа, визначали за допомогою теореми розкладу.

Якісні показники:

перерегулювання для одноконтурної АСР:

$$\sigma_I = 11.3\%$$

час перехідного процесу

$$t_{nI} = 30 \text{ хв}$$

### Висновки до розділу

У розділі було розглянуто основні етапи побудови та налаштування автоматизованої системи керування. Проведено вибір оптимальної структури регуляторів з урахуванням особливостей технологічного процесу та динамічних характеристик об'єкта керування. Здійснено розрахунок та налаштування параметрів ПД-регуляторів із застосуванням методів математичного моделювання та комп'ютерного аналізу. Результати синтезу підтверджують ефективність обраного підходу для забезпечення стабільного та точного регулювання основних параметрів процесу регенерації, що є ключовим для підвищення якості вихідного продукту та економічності технології. Таким чином, розроблена система автоматичного управління відповідає вимогам технічної надійності та може бути рекомендована до впровадження на промислових об'єктах.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

## 3 ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДІЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

### 3.1 Розробка функціональної схеми процесу регенерації

Основним технічним документом, що містить відомості про всі елементи системи автоматизації, є функціональна схема контролю та управління (рис. 3.1).

У газовідділювачі Г здійснюється процес дегазації насиченого діетиленгліколю (нДЕГ), тобто виділення поглинутих у процесі абсорбції газів. Регулюючий клапан підтримує стабільний тиск у газовідділювачі на рівні 0,6 МПа; надлишковий газ скидається в атмосферу через запірний клапан і відповідний трубопровід на свічку.

Рівень насиченого ДЕГ у газовідділювачі підтримується на постійному значенні за допомогою регулюючого клапана рівня. Після дегазації нДЕГ транспортується через фільтри до десорбера.

Частина гліколю з блоку газовідділення відбирається трубопроводом для охолодження електронасосних агрегатів блоку насосів гліколю. Після виконання функції охолодження, гліколь через трубопровід із зворотним клапаном надходить до блоку регенерації. Повернення охолодженого гліколю може здійснюватись двома шляхами:

- безпосередньо до випарника И у складі десорбційної установки;
- через клапан до трубного простору теплообмінника, який вбудований у проміжну ємність Б того ж блоку.

Процес регенерації є комплексним технологічним вузлом, що складається з буферної ємності регенованого гліколю (Б) з інтегрованим теплообмінником рДЕГ–нДЕГ, випарника И із жаровими трубами, пальниками, переливною трубою, а також регенераційної колони, розташованої над випарником. Всі компоненти змонтовані на єдиній рамі, з'єднані

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

трубопроводами з запірно-регулювальною арматурою та оснащені засобами контрольно-вимірвальних приладів і автоматизації (КВП та А).

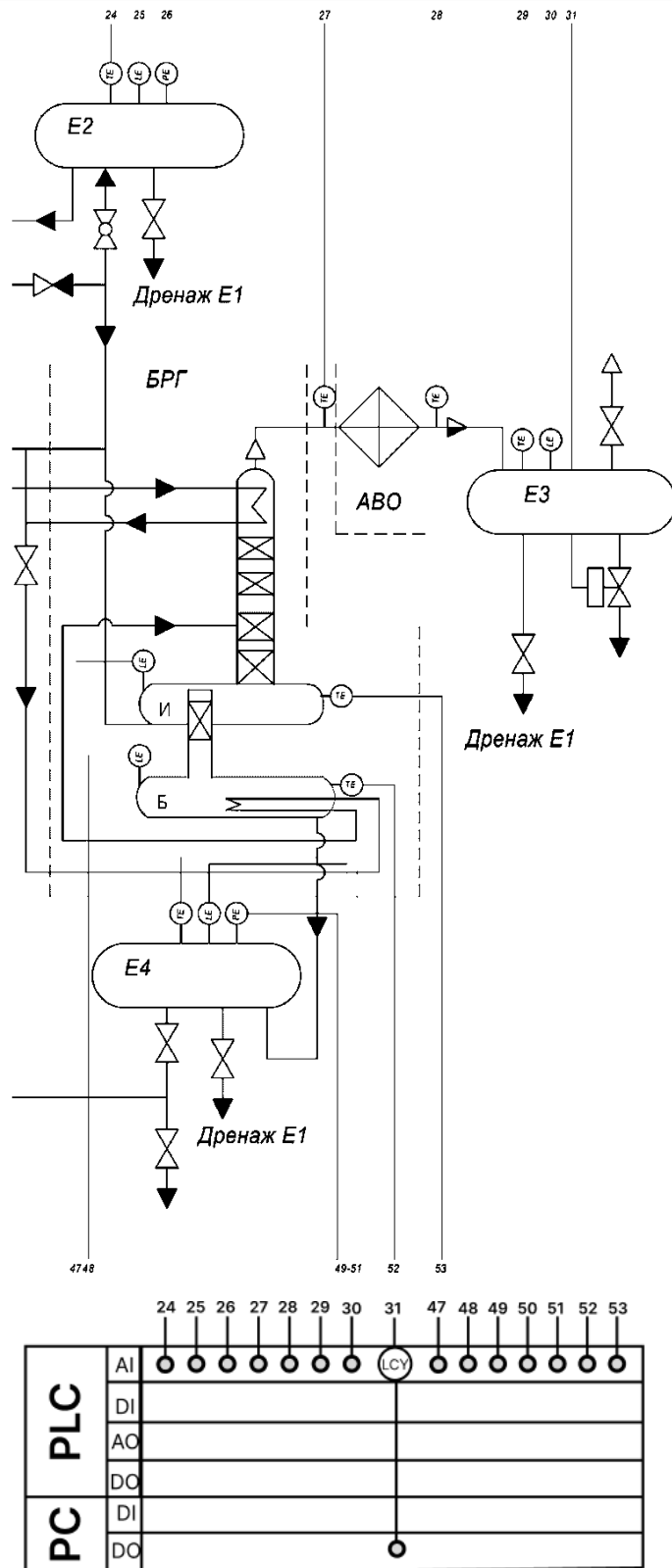


Рисунок 3.1 – Функціональна схема (контур) блоку регенерації діетиленгліколю

Буферна ємність Е4 виконує функцію гідравлічного демпфера, що компенсує коливання витрати ДЕГ після регенерації, забезпечуючи безперервну подачу гліколю до насосного блоку та запобігаючи кавітаційному режиму роботи насосів.

Апарат повітряного охолодження (АВО) включає:

- лінію підведення парогазової суміші;
- лінію відведення газорідинної суміші;
- лінію скидання газу на свічку;
- дренажну лінію.

Сконденсовані в АВО рідини та дегазований газ надходять до ємності Е3, де відбувається їх розділення на газову і рідинну фази. Газ відводиться трубопроводом на свічку, тоді як надлишкова рідина зливається у мережу Замовника до досягнення верхнього робочого рівня. Дренаж направляється через трубопровід до ємності Е1.

Дренажна ємність Е1 обладнана:

- лінією підведення дренажу;
- лінією скидання газу на свічку;
- зливними лініями;
- засобами КВП та А.

В ємності Е2 відбувається зберігання та подача регенованого (чистого) діетиленгліколю. Вона обладнана:

- лінією підведення ДЕГ;
- лінією відведення ДЕГ;
- дренажною лінією;
- контрольно-вимірювальними приладами та автоматикою.

### 3.2 Вибір технічних засобів автоматизації

Поставлені функціональні задачі керування мають бути реалізовані шляхом раціонального вибору засобів автоматизації, контрольно-

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

вимірювальних приладів, елементів людино-машинного інтерфейсу, а також розроблення відповідних алгоритмів, що забезпечують ефективне автоматизоване управління процесом осушки природного газу.

Контролер (ПЛК) — це мікропроцесорний пристрій, призначений для реалізації керування технологічним процесом. Застосування ПЛК забезпечує підвищення швидкодії систем управління виконавчими механізмами, а також ефективний контроль параметрів процесу.

ПЛК, як правило, розміщується у спеціалізованій шафі керування, встановленій у технічному приміщенні, яке відповідає вимогам щодо експлуатаційних умов, визначених виробником пристрою.

Типова структура ПЛК включає такі основні компоненти:

- центральний процесор;
- оперативну та постійну пам'ять (ОЗП, ПЗП);
- цифрові та аналогові входи/виходи (І/О-порти);
- інтерфейси зв'язку;
- таймери;
- периферійні пристрої.



Рисунок 3.2 – Контролер *SE Electric*

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Функціонування ПЛК можливе лише за наявності відповідного програмного забезпечення, яке створюється інженером-програмістом. Для програмування ПЛК передбачено використання стандартних мов, серед яких:

IL (інструкційна мова);

SFC (мова діаграм переходів станів);

ST (структурований текст, подібний до мови Pascal);

FBD (мова функціональних блоків);

LD (мова релейно-контактних схем).

З огляду на техніко-економічне обґрунтування, було обрано контролер SE Electric (рис. 3.2), що має низку переваг, зокрема:

- оптимальне співвідношення ціни та функціональності;
- відповідність умовам експлуатації конкретного технологічного об'єкта;
- сучасні технічні характеристики;
- можливість підключення розширювальних модулів;
- підтримка багатоканального режиму;
- висока надійність;
- наявність як релейних, так і транзисторних виходів;
- надання гарантії виробником.

Обраний контролер не має аналогових входів та має обмежену кількість дискретних виходів, що потребує придбання додаткових модулів розширення.

Для підключення датчиків з вихідним сигналом 4–20 мА необхідно використати аналоговий вхідний модуль. Для обробки 37 аналогових сигналів обирається п'ять 8-канальних модулів ТМ3АІ8 з клемми типу «винт» (рис. 3.3).

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



Рисунок 3.3 – Аналоговий модуль до *SE Electric*

Дискретний вхідний модуль у нашій системі не є необхідним, оскільки контролер вже оснащений відповідними клемми для підключення дискретних сигналів, які і будуть використані.

Аналоговий вихідний модуль не застосовується, оскільки в даній системі керування аналоговими сигналами не передбачено.

Для формування дискретних вихідних сигналів потрібен відповідний модуль. Частина дискретних виходів (DO) підключається безпосередньо до клем контролера, решта – до клем дискретного вихідного модуля. Для цього достатньо двох модулів (рис. 3.4).

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.4 – Модуль дискретних вихідних сигналів до *SE Electric*

Автоматичні реле, вимикачі та блок живлення є необхідними складовими системи управління. Автоматичні вимикачі виконують функцію захисту високовартісного обладнання від перевантажень і коротких замикань. Відомим виробником таких пристроїв є компанія SE. Для нашої системи обрано двохполюсні автоматичні вимикачі номіналом 10 А із характеристикою спрацьовування типу С.



Рисунок 3.5 – Автоматичний вимикач *SE Electric*

У якості реле використано модель виробництва WEIDMULLER. Реле призначене для комутації високої напруги. Сам керуючий сигнал, сформований

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

програмованим логічним контролером (ПЛК), надходить на реле, яке активує контактну групу і передає сигнал виконавчому механізму.



Рисунок 3.6 – Реле WEIDMULLER

Для живлення системи обрано блок живлення виробництва компанії WEIDMULLER — модель PRO ECO 240W 24V 10A. Вказаний блок живлення представлено на рисунку 3.7. Його основні технічні характеристики відповідають зазначеним у назві пристрою.



Рисунок 3.7 – Блок живлення WEIDMULLER

Для встановлення програмного забезпечення керування процесом осушки газу було проведено аналіз варіантів персональних комп'ютерів, після чого

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

обрано оптимальне рішення. Комп'ютер, зображений на рисунку 3.8, має достатні технічні характеристики для забезпечення стабільної роботи системи.



Рисунок 3.8 – Персональний комп'ютер Huawei MateStation

Температурний датчик MBT 5252 призначений для роботи в суворих умовах і застосовується для контролю в системах охолодження, мастила, гідравліки, а також у промислових та суднових холодильних установках. Як чутливий елемент використовується термометр опору Pt100 або Pt1000, що забезпечує надійні та точні вимірювання. На замовлення MBT 5252 може бути поставлений із чутливим елементом типу NTC/PTC.

Для варіантів, розрахованих на низькі температури (-50°C...+200°C), чутливий елемент поміщений у силіконовий кабель, що забезпечує високу вібростійкість датчика.

Всі елементи датчика, що контактують із середовищем, виконані з нержавіючої сталі типу AISI 316 Ti. Стандартно MBT 5252 поставляється з головкою типу В, але на замовлення надаються варіанти з мініголовкою типу В або з головкою типу В на різьбленні.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



Рисунок 3.9 – Давач температури MBT 5252



Рисунок 3.10 – Давач тиску SITRANS P DS III

Перетворювачі тиску SITRANS P DS III призначені для використання у різноманітних галузях промисловості які працюють при високих хімічних та механічних навантаженнях. Зазначені перетворювачі можуть оснащуватися різноманітними конструкціями розділової мембрани з метою вимірювання наприклад речовин які володіють високою в'язкістю.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Зазначений давач здатен управлятися локально та програмно через HART, PROFIBUS PA чи FOUNDATION Fieldbus.



Рисунок 3.11 – Диференціальний датчик тиску Сафір 5460

Для вимірювання витрати вибираємо витратомір MASS 2100, який підходить для вимірювання витрати малих кількостей рідин і газів будь-якого типу.

Перетворювач витрати забезпечує відмінні результати по точності витрати, динамічному діапазоні і точності вимірювання щільності. Зручна установка за допомогою механічного та електричного інтерфейсу

Plug & Play гарантує оптимальну продуктивність і просте управління. Перетворювач витрати забезпечує точне вимірювання масової витрати, об'ємної витрати, щільності, температури і витрати фракцій.

Перетворювач витрати MASS 2100 переважно використовується в наступних.

Вимірювання рідин і газів в малих установках і F & E, дозування присадок і каталізаторів.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



Рисунок 3.12 – Давач витрати MASSFLO MASS 2100



Рисунок 3.13 – Відцентровий насос CP-40-7.5

Для регулювання частоти обертання двигуна, забезпечення плавного пуску, а також збільшення або зменшення напору використовується частотний перетворювач напруги. Після аналізу ринку було прийнято рішення обрати частотний перетворювач моделі E280 потужністю 7,5 кВт з вхідною напругою 380 В виробництва компанії SIMPHOENIX.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



Рисунок 3.14 – Частотний перетворювач SIMPHOENIX E280-4T-7.5G/10P

Для заправки ємності E2 було обрано насос більшої потужності — моноблочний відцентровий насос IR 50-200A потужністю 15 кВт виробництва SAER, з продуктивністю 75 м<sup>3</sup>/год та напором 61,8 м.



Рисунок 3.15 – Відцентровий насос SIMPHOENIX

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Для керування зазначеним насосом було обрано частотний перетворювач E280 потужністю 15 кВт, з вхідною напругою 380 В, виробництва SIMPHOENIX (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 – Частотний перетворювач SIMPHOENIX

В якості регулюючого органу було обрано електромагнітний клапан, який складається з котушки та сердечника. При подачі напруги на котушку відбувається спрацювання клапана — сердечник переміщується у верхнє положення. Зазвичай робота клапана супроводжується характерним звуком. Для з'єднання було вибрано фланцевий тип клапана, який зображено на рисунку 3.17.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37



Рисунок 3.17 – Фланцевий електромагнітний клапан високого тиску  
GAMAG F-150F DN

### 3.3 Розробка схем підключень

Під час вибору програмного забезпечення було розглянуто кілька варіантів, зокрема:

1. AutoCAD;
2. Eplan.

Для розробки схем підключень найбільш доцільним виявився САПР AutoCAD. Це програмне забезпечення відзначається зручним інтерфейсом, наявністю бібліотеки відповідно до стандартів ГОСТ, простотою у використанні, підтримкою менеджера проєктів, а також можливістю автоматичного формування специфікацій і додавання нових об'єктів до бібліотеки.

Для роботи в AutoCAD необхідно створити проєкт у менеджері проєктів.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

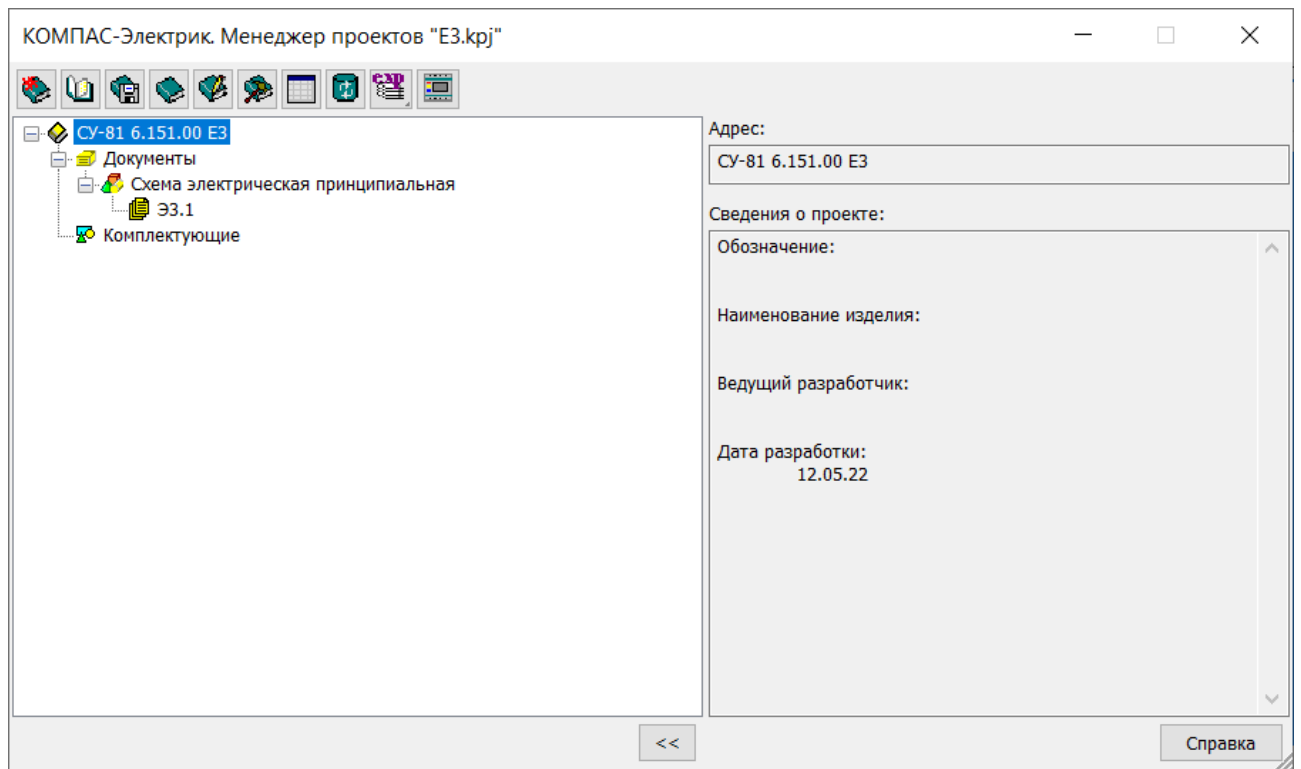


Рисунок 3.17 – Менеджер проектов у AutoCAD

Після створення проекту відкривається робоча область, в якій здійснюється побудова схеми ЕЗ відповідно до вимог ЄСКД. Використовуючи бібліотеку умовно-графічних зображень, з неї обираються необхідні елементи, такі як автоматичні вимикачі, реле, контакти тощо. На рисунках 3.17–3.21 наведено приклади схем ЕЗ.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

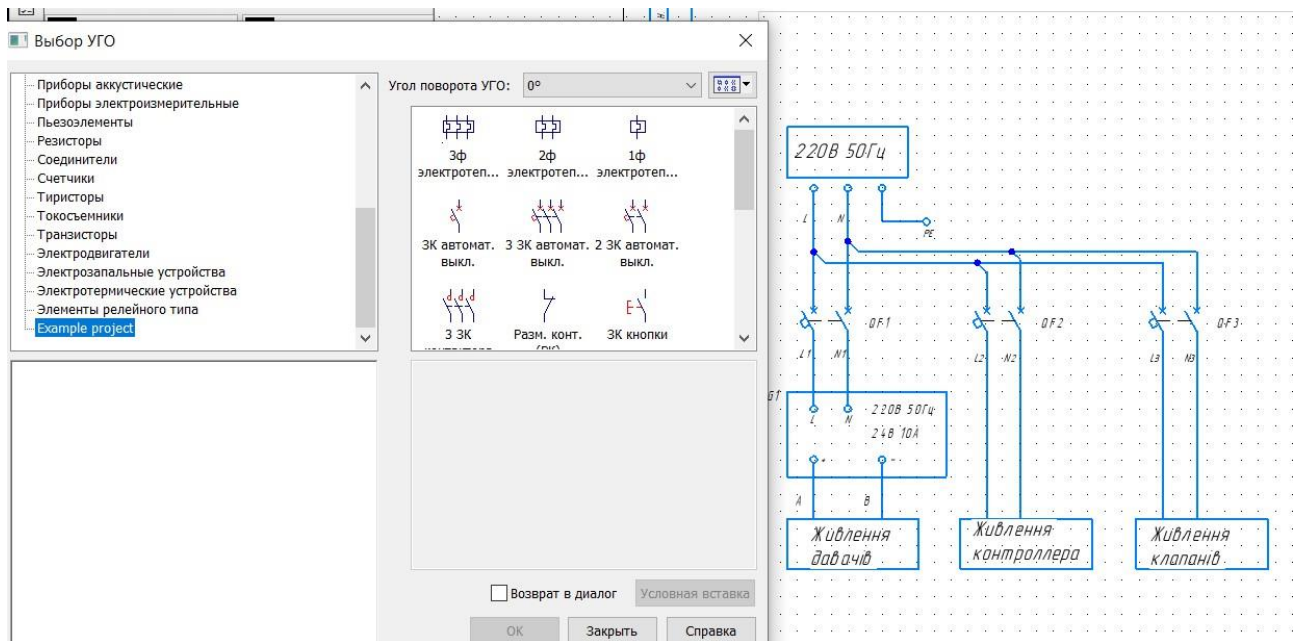


Рисунок 3.18 – Бібліотека умовно-графічних зображень

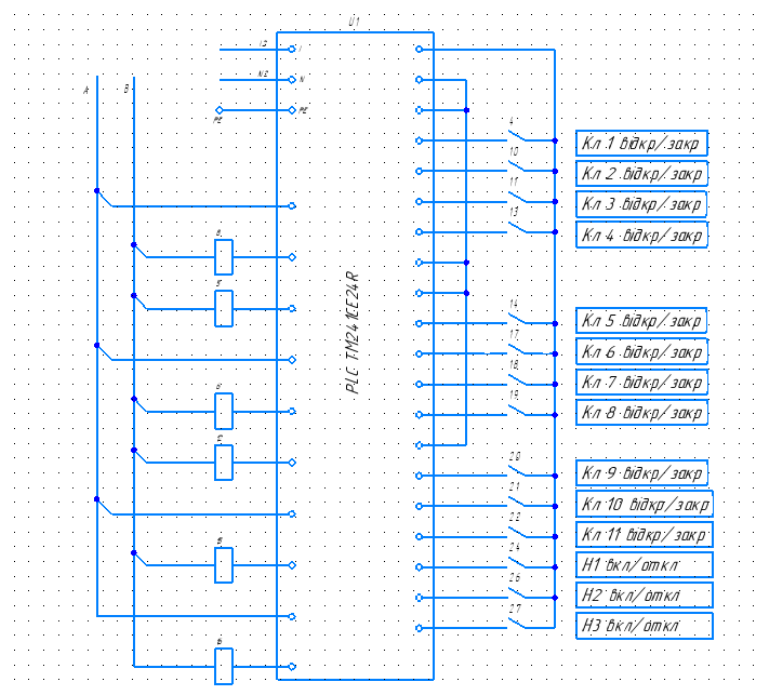


Рисунок 3.19 – Підключення контролера

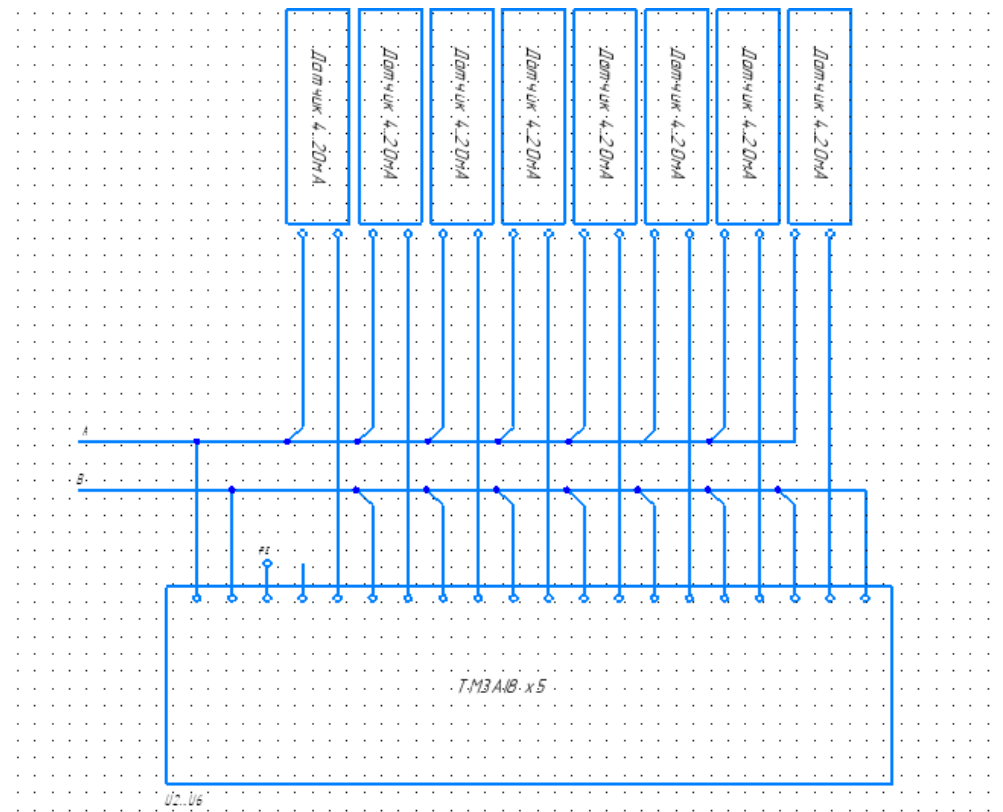


Рисунок 3.20 – Схема підключення модуля

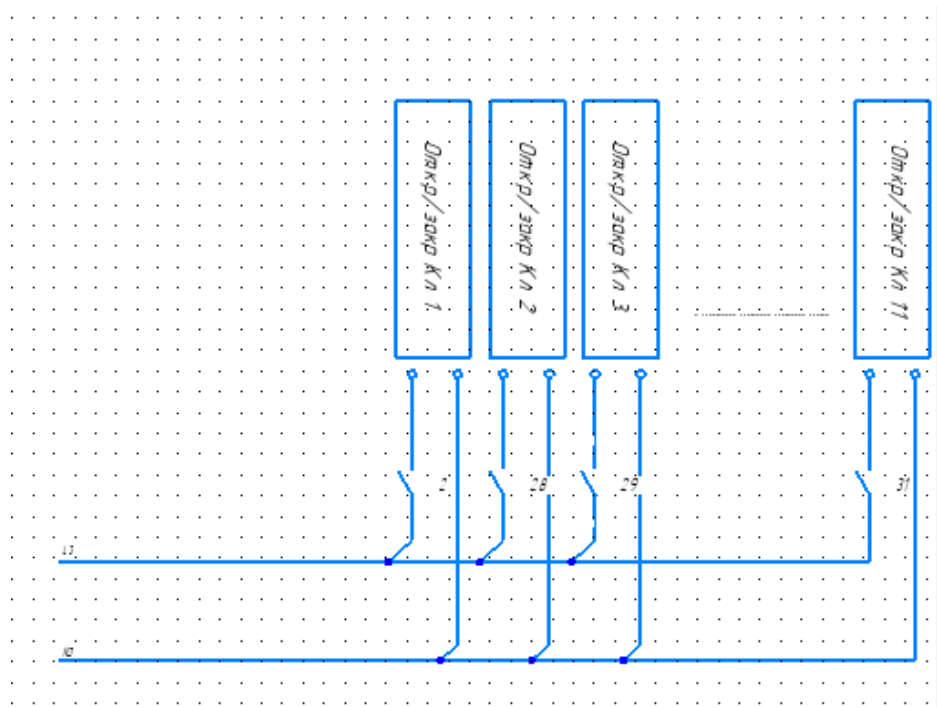


Рисунок 3.21 – Схема підключення виконавчого механізму

## Висновок до розділу

У результаті проведеної роботи з розробки функціональної схеми процесу регенерації гліколю було визначено основні етапи технологічного процесу та взаємозв'язки між його складовими. Виконано вибір технічних засобів автоматизації, які забезпечують ефективне та надійне управління процесом осушки газу, з урахуванням технічних характеристик, експлуатаційних умов та економічної доцільності. Розроблені схеми підключень забезпечують коректну інтеграцію вибраного обладнання, що дозволяє реалізувати автоматизовану систему керування з високим рівнем функціональності та безпеки. Запропоновані технічні рішення сприятимуть підвищенню продуктивності та стабільності технологічного процесу регенерації гліколю.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

## 4 РОЗРОБКА SCADA-СИСТЕМИ ПРОЦЕСУ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДИЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

### 4.1 Вибір програмного забезпечення для реалізації автоматизованої системи керування

Для реалізації системи SCADA необхідне спеціалізоване програмне забезпечення, яке забезпечує засоби для візуалізації, моніторингу та керування технологічними процесами. На сучасному ринку представлено велику кількість SCADA-рішень, однак у межах даної роботи було прийнято рішення використовувати програмне забезпечення з відкритим доступом. Серед розглянутих варіантів було обрано наступні:

1. SimpleScada;
2. RapidSCADA;
3. Promotic SCADA Visualization Software.

Серед зазначених програмних продуктів для реалізації SCADA-системи було обрано Promotic SCADA, оскільки дана платформа поєднує доступність, гнучкість конфігурації та підтримку широкого спектру функціональностей. Система PROMOTIC має вбудовані інструменти для створення як простих, так і складних систем автоматизованого управління та візуалізації технологічних процесів. Основні функціональні можливості платформи включають:

- середовище розробки з ієрархічною структурою об'єктів;
- широкий вибір вбудованих об'єктів PROMOTIC;
- підтримку мов програмування JavaScript та VBScript для реалізації алгоритмів управління;
- векторну графіку у форматі SVG для створення технологічних зображень;
- гнучко налаштовувані графічні елементи (елементарні та комплексні);
- автоматичне перетворення графічного інтерфейсу у формати HTML та XML;

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Після успішного встановлення програми здійснюється ознайомлення з її графічним інтерфейсом, структурою бібліотек та основними функціональними можливостями. Наступним кроком є ініціалізація середовища розробки. Під час запуску програмного забезпечення відкривається менеджер проєктів, за допомогою якого користувач може створити новий проєкт, відкрити вже існуючий або видалити непотрібні. У даній реалізації було відкрито попередньо створений проєкт (рисунок 4.2).

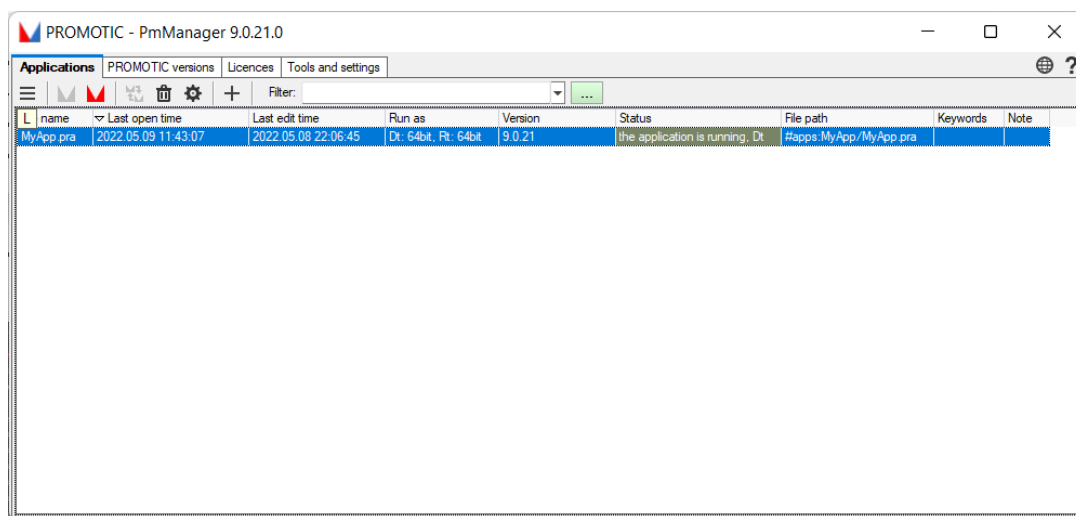


Рисунок 4.2 – Менеджер проєктів середовища SCADA

Цей підхід дозволяє швидко переходити до безпосередньої розробки системи автоматичного керування процесом осушення природного газу.

Після відкриття проєкту користувач потрапляє в інтуїтивно зрозуміле інтерфейсне середовище програми Promotic SCADA. У структурі проєкту одразу доступна коренева папка, в якій можна створювати та організовувати різні функціональні об'єкти для реалізації логіки управління та візуалізації (рисунок 4.3).





У середовищі програмного забезпечення реалізовано режим симуляції, який дозволяє здійснювати налагодження SCADA-системи в умовах, максимально наближених до реального часу. Завдяки цьому режиму можлива перевірка коректності роботи розроблених алгоритмів, функціонування елементів керування, зокрема реакції кнопок на натискання, а також моделювання помилок з подальшим виведенням інформації про них у вікно повідомлень про тривоги (alarms). Таким чином, забезпечується можливість попередньої оцінки зовнішнього вигляду та функціональності інтерфейсу оператора перед впровадженням системи.

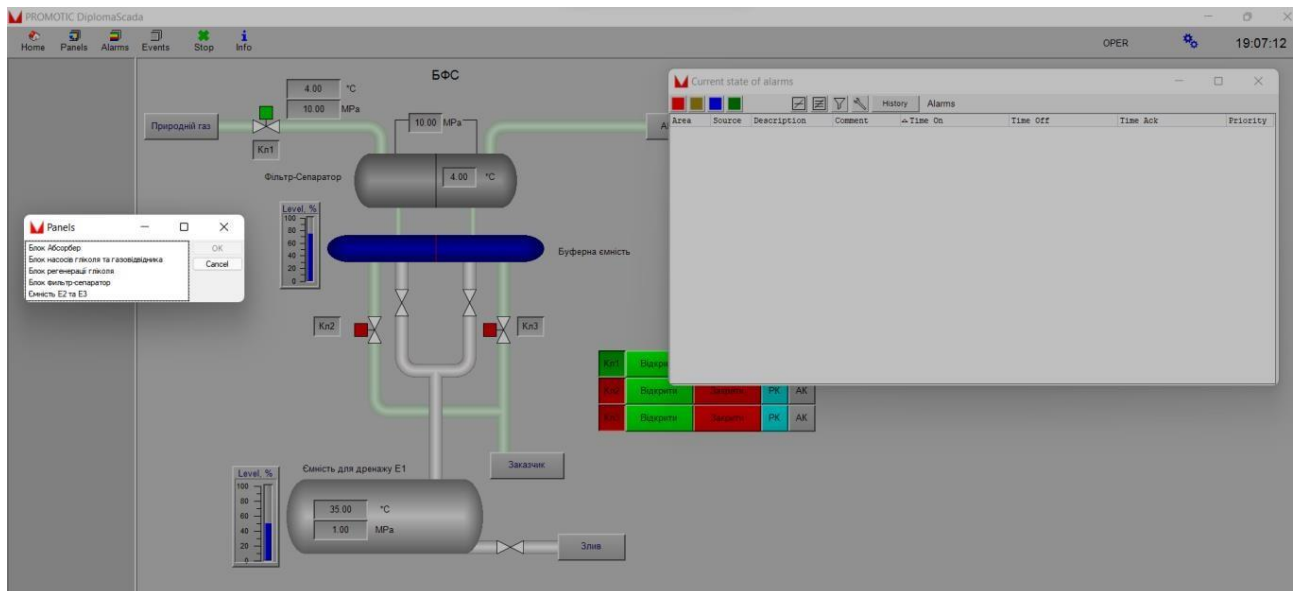


Рисунок 4.6 – Режим симуляції в SCADA-системі

### Висновок до розділу

У результаті аналізу доступного програмного забезпечення для реалізації автоматизованої системи керування було обрано середовище Promotic SCADA, яке забезпечує широкий функціонал для створення систем візуалізації та управління технологічними процесами. Вибір обґрунтований доступністю, гнучкістю налаштувань, підтримкою сучасних стандартів (HTML, XML, OPC,

SQL, SVG), а також можливістю роботи з різними інтерфейсами та базами даних.

Під час створення SCADA-системи для процесу регенерації було розроблено структуровану модель, яка охоплює основні елементи об'єкта керування, зокрема блок регенерації гліколю, випарну колону, датчики тиску, температури, рівня, виконавчу арматуру та інші засоби автоматизації. В середовищі SCADA реалізовано зручний інтерфейс оператора, що забезпечує наочне відображення стану об'єкта керування, а також реалізовано режим симуляції, який дозволяє тестувати функціональність системи до її фактичного впровадження. Це дає змогу підвищити надійність та ефективність роботи всієї автоматизованої системи в цілому.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської роботи було розроблено систему автоматизації установки осушення природного газу. На початковому етапі проведено детальний аналіз об'єкта автоматизації: визначено його призначення, яке полягає у підготовці та осушенні природного газу, що видобувається з підземного сховища (ПСГ), а також охарактеризовано умови експлуатації та конструкцію технологічної установки в цілому.

У результаті аналізу технологічного процесу було побудовано схему інформаційно-матеріальних потоків, яка стала основою для подальшого створення функціональної схеми автоматизації. У рамках розробки розглянуто та структуровано контури керування, а саме: блок фільтрації та сепарації, контур абсорбції, контур арматури абсорбера, блок газовідділювача та блок регенерації гліколю.

Здійснено обґрунтований вибір технічних засобів автоматизації, до яких належать: датчики температури, тиску, рівня; виконавчі механізми — відцентрові насоси та електромагнітні клапани високого тиску. Як основний контролер обрано програмований логічний контролер SE Modicon M241, оснащений модулями розширення аналогових (TM3AI8) та дискретних (TM3DQ8R) сигналів. Також передбачено використання персонального комп'ютера оператора для моніторингу та керування технологічним процесом.

При виборі програмного забезпечення для реалізації SCADA-системи перевагу було надано відкритим та безкоштовним середовищам. У результаті аналізу було обрано Promotic SCADA visualization software, яке забезпечує необхідний функціонал для візуалізації, керування та симуляції. У зазначеному середовищі розроблено SCADA-систему для візуалізації та керування усіма ключовими контурами установки: фільтрації та сепарації, абсорбції, арматури абсорбера, газовідділювача та регенерації гліколю.

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. ГОСТ 10136-2019. Диетиленгліколь [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200167642>
2. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах. – Введено у 2008 році замість ГОСТ 21.404-85.
3. Мінаєв І. Г., Самойленко В. В., Ушкур Д. Г., Федоренко І. В. Вільнопрограмовані пристрої в автоматизованих системах управління. – Полтава: ПНТУ, 2016. – ISBN 978-5-9596-1222-1.
4. Datasheet SE M241 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/TM241CE24R>
5. Datasheet SE TM3AI8 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/TM3AI8>
6. Datasheet SE TM3DQ8R [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/TM3DQ8R>
7. Семенцов Г.Н. Автоматичне управління: Навчальний посібник / Г.Н. Семенцов, Я.Р. Когуч, М.М. Дранчук і інші. – Івано-Франківськ: Факел, 2003.
8. Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування. /Г. Н. Семенцов Івано-Франківськ; //Факел, 1999 – 610 с.
9. Датчик температури ТСМУ-002 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу: <https://regmik.ua/uk/product/datchik-temperatury-s-vyhodnym-signalom-tspu-002-4-20ma-0-10v/>
10. Дані про давач тиску Danfoss MBS 3000 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу: <https://danfoss.net.ua/products/4286/546/4343/4369.html>
11. Частотний перетворювач E280-4T-75G/10P [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: <https://eleksun.com.ua/uk/e280-4t-75g10p-preobrazovatel-chastoty-e280-p75-kvt-uvh380v-simphoenix.html>

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

12. Siggins, Morgana. *14 Major SCADA Attacks and What You Can Learn From Them* [Електронний ресурс]. – DPS Telecom. – Режим доступу: <https://www.dpstele.com/techinfo/network-monitoring/scada/scada-attacks.php> (Дата звернення: 26.04.2021).

13. *What is PROMOTIC?* [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://www.promotic.eu/en/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsPromotic.htm>

14. *PROMOTIC visualization software (SCADA)* [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://www.promotic.eu/en/index.htm>

					БР.АКПз - 21.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52