

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АКП-33.00.00.000 ПЗ

Група АКП-22-1

Юрій Парипа

2026

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

Пари́па Ю́рій Богданович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.5:622.691.4

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розроблення системи автоматизації технологічного процесу очищення 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

доцент

О.В. Кучмистенко

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Рецензент

доцент

І.І. Чигур

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Здобувач освітнього ступеня

АКП-22-1

Ю.Б. Пари́па

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Науковий керівник

доцент

В.С. Борин

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

доцент

А.І. Лагойда

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Парипі Юрію Богдановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення системи автоматизації технологічного
процесу очищення газу

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

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» травня 2026 року № 192/7

2. Строк подання студентом роботи 12.06.2026

3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики, методичні
Вказівки, технічна література, інтернет-ресурс.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) 1. Аналіз технологічного процесу очищення газу.

2. Синтез автоматичної системи керування технологічним процесом.

3. Розробка проектної складової системи автоматичного керування.

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

Лист 1– Принципова технологічна схема – БР.АКП-33.00.00.001;

Лист 2– Технологічні апарати – БР.АКП-33.00.00.002;

Лист 3– Результати синтезу САК – БР.АКП-33.00.00.003;

Лист 4 – Функціональна схема автоматизації – БР.АКП-33.00.00.003;

Лист 5 – Блок-схема збору даних – БР.АКП-33.00.00.005.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 06.11.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічно процесу очищення газу.	30.04.2026	
2	Синтез автоматичної системи керування технологічним процесом.	30.05.2026	
3	Розробка проектної складової системи автоматичного керування.	12.06.2026	

Студент _____
(підпис)

Ю.Б. Парипа _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

В.С. Борин _____
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота містить: 76 сторінок друкованого тексту, 16 рисунків, 7 таблиць, 7 джерел у переліку посилань.

Тема: «Розроблення системи автоматизації технологічного процесу очищення газу».

Об'єктом дослідження є технологічний процес очищення природного газу на компресорній станції.

Предметом дослідження є автоматизована система керування технологічним процесом очищення газу, що забезпечує контроль та регулювання основних технологічних параметрів.

Мета роботи: розроблення системи автоматизації технологічного процесу очищення природного газу.

Методи дослідження: методи теорії автоматичного керування, математичного моделювання динамічних систем, структурного та параметричного синтезу систем автоматичного регулювання, а також засоби комп'ютерного моделювання в середовищі MATLAB Simulink.

Результати кваліфікаційної роботи: виконано аналіз технологічного процесу очищення природного газу та досліджено компресорну станцію як об'єкт автоматизації. Розглянуто основні методи підготовки та очищення газу, визначено контрольовані та регульовані параметри технологічного процесу. Побудовано математичну модель об'єкта керування та виконано синтез автоматичної системи регулювання на основі PID-регулятора. Розроблено функціональну схему автоматизації, виконано вибір технічних засобів автоматизації. Розроблено алгоритм збору та обробки технологічної інформації, а також функціональне програмне забезпечення системи керування.

Ключові слова: автоматизація, очищення газу, компресорна станція, система програмований логічний контролер

ABSTRACT

The bachelor's thesis contains: 76 pages of printed text, 16 figures, 7 tables, and 7 references.

Topic: "Development of an Automation System for the Gas Purification Technological Process".

The object of research is the technological process of natural gas purification at a compressor station.

The subject of research is an automated control system for the gas purification process, which provides monitoring and regulation of the main technological parameters.

The purpose of the work is to develop an automation system for the technological process of natural gas purification.

Research methods: methods of automatic control theory, mathematical modeling of dynamic systems, structural and parametric synthesis of automatic control systems, as well as computer simulation tools in the MATLAB Simulink environment.

Results of the qualification work: an analysis of the natural gas purification process was carried out, and the compressor station was investigated as an automation object. The main methods of gas treatment and purification were considered, and the controlled and regulated technological parameters were identified. A mathematical model of the control object was developed, and an automatic control system based on a PID controller was synthesized. A functional automation scheme was designed, and the selection of automation hardware was justified. An algorithm for collecting and processing technological information, as well as functional software for the control system, was developed.

Keywords: automation, gas purification, compressor station, automated control system, programmable logic controller (PLC).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ГАЗУ...	11
1.1 Призначення та характеристика компресорної станції.....	11
1.2 Технологічні схеми компресорних станцій.....	16
1.3 Автоматизовані системи очищення газу на компресорних станціях.....	21
1.4 Функції та завдання автоматизованої системи керування вузлом очищення газу.....	30
1.5 Постановка завдання автоматизації.....	31
Висновки до розділу.....	33
2 СИНТЕЗ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ.....	35
2.1 Огляд процесів підготовки природного газу.....	35
2.1.1 Абсорбційний метод.....	36
2.1.2 Адсорбційний метод.....	30
2.1.3 Низькотемпературна конденсація	34
2.1.4 Низькотемпературна сепарація природного газу.....	37
2.2 Розроблення математичної моделі регулюючого клапана.....	38
2.3 Розроблення алгоритму автоматичного регулювання технологічних параметрів.....	40
Висновки до розділу.....	44
3 РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ СКЛАДОВОЇ САК.....	46
3.1. Розроблення функціональної схеми автоматизації.....	46

					БР.АКП-33.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розроблення системи автоматизації технологічного процесу очищення газу	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Парипа Ю.Б.						6	5
Перевір.	Борин В.С.							
Реценз.	Чигур І.І.							
Н. Контр.	Кучмистенко О.В.							
Затверд.	Лагойда А.І.					Група АКП-22-1 ІФНТУНГ		

3.2 Обґрунтування вибору контролера	50
3.3 Вибір обладнання для системи автоматизації.....	57
3.3.1 Вибір давача тиску.....	59
3.3.2 Вибір рівнеміра	61
3.3.3 Вибір давача температури.....	63
3.3.4 Електропривод.....	65
3.4 Функціональне програмне забезпечення.....	66
3.5 Інформаційне забезпечення.....	68
3.6 Розроблення алгоритму збору даних.....	69
Висновки до розділу.....	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	69

ВСТУП

Природний газ є одним із найважливіших енергоносіїв сучасності, який широко використовується в енергетиці, промисловості, комунальному господарстві та інших галузях економіки. Надійність і безпека його транспортування значною мірою залежать від якості підготовки газу перед подачею в магістральні трубопроводи та споживачам. Одним із найважливіших етапів підготовки природного газу є його очищення від механічних домішок, вологи, конденсату та інших небажаних компонентів, які можуть негативно впливати на роботу технологічного обладнання та газотранспортної системи загалом.

На сучасних компресорних станціях процес очищення газу здійснюється за допомогою складних технологічних комплексів, до складу яких входять сепаратори, фільтри, теплообмінники, регулювальна арматура, контрольно-вимірювальні прилади та інше обладнання. Ефективне функціонування цих об'єктів потребує застосування сучасних засобів автоматизації, які забезпечують безперервний контроль технологічних параметрів, оперативне реагування на зміну режимів роботи та підтримання заданих показників якості підготовленого газу.

Автоматизація технологічних процесів очищення газу є одним із пріоритетних напрямів розвитку газотранспортної галузі. Використання сучасних програмованих логічних контролерів, інтелектуальних датчиків, систем диспетчерського керування та програмних комплексів дозволяє підвищити надійність роботи обладнання, знизити експлуатаційні витрати, мінімізувати вплив людського фактора та забезпечити високий рівень безпеки виробництва.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності функціонування компресорних станцій шляхом впровадження сучасних автоматизованих систем керування технологічними процесами очищення природного газу. Застосування автоматизованих систем дозволяє забезпечити стабільність технологічних режимів, підвищити якість підготовки газу та покращити техніко-економічні показники роботи підприємства.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою роботи є розроблення системи автоматизації технологічного процесу очищення природного газу на компресорній станції з використанням сучасних програмно-технічних засобів автоматизації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз технологічного процесу очищення природного газу та особливостей його автоматизації;
- дослідити структуру та принцип роботи компресорної станції як об'єкта автоматизації;
- визначити основні контрольовані та регульовані параметри технологічного процесу;
- розробити математичну модель об'єкта керування та виконати синтез системи автоматичного регулювання;
- розробити функціональну схему автоматизації технологічного процесу очищення газу;
- виконати вибір контрольно-вимірювальних приладів, виконавчих механізмів і програмованого логічного контролера.

.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСЕ ОЧИЩЕННЯ ГАЗУ

1.1 Призначення та характеристика компресорної станції

Компресорна станція являє собою складний технічний комплекс, призначений для стиснення газу або повітря з метою підвищення їхнього тиску та забезпечення необхідних параметрів для подальшого транспортування, зберігання чи використання в технологічних процесах. Такі станції є важливим елементом газотранспортних систем, нафтогазової промисловості, енергетики та багатьох інших галузей, де виникає потреба у використанні стиснених газів.

Основною функцією компресорної станції є підвищення тиску робочого середовища шляхом його механічного стиснення. Збільшення тиску супроводжується зростанням густини газу, що сприяє підвищенню ефективності його транспортування трубопроводами на значні відстані та забезпечує стабільність технологічних процесів. Крім того, компресорні станції виконують важливу роль у підтриманні заданих режимів роботи систем, забезпечуючи необхідний рівень тиску відповідно до вимог виробництва.

У багатьох промислових установках стиснене повітря або газ використовується як джерело енергії для роботи пневматичного обладнання, автоматизованих систем керування, вентиляційних установок та інших технологічних пристроїв. У зв'язку з цим компресорна станція повинна забезпечувати безперервну та надійну подачу робочого середовища із заданими параметрами.

Конструктивно компресорна станція складається з низки взаємопов'язаних елементів. Основним обладнанням є компресори, які безпосередньо здійснюють процес стиснення газу або повітря. Залежно від умов експлуатації та технологічних вимог можуть застосовуватися поршневі, гвинтові або відцентрові компресори, кожен із яких має свої переваги та особливості використання.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення роботи компресорів використовуються привідні двигуни, які можуть працювати від електричної мережі, газового палива або інших джерел енергії. Вибір типу приводу визначається потужністю обладнання, умовами експлуатації та економічною доцільністю.

Процес стиснення газу супроводжується значним виділенням теплової енергії, тому невід'ємною складовою компресорної станції є системи охолодження. Їх призначення полягає у відведенні надлишкового тепла та підтриманні оптимального температурного режиму роботи обладнання, що сприяє підвищенню його надійності та довговічності.

Важливе значення мають системи автоматичного керування та контролю, які забезпечують моніторинг основних технологічних параметрів, зокрема тиску, температури, витрати та стану обладнання. Використання сучасних засобів автоматизації дозволяє підтримувати оптимальні режими роботи компресорної станції, підвищувати енергоефективність процесу та забезпечувати безпечну експлуатацію обладнання.

Для запобігання потраплянню механічних домішок, вологи та інших забруднень до складу станції входять системи очищення та фільтрації газу. Їх використання дозволяє зменшити зношування обладнання, підвищити якість робочого середовища та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Залежно від функціонального призначення компресорні станції можуть комплектуватися додатковим обладнанням, зокрема ресиверами для накопичення стисненого газу, системами змашування, шумозаглушення, регулювання тиску та іншими допоміжними пристроями. Конкретний склад обладнання визначається особливостями технологічного процесу та вимогами до експлуатації об'єкта.

Таким чином, компресорна станція є складною інженерною системою, ефективність роботи якої залежить від узгодженого функціонування всіх її елементів. Правильний вибір обладнання та впровадження сучасних засобів автоматизації забезпечують надійну, безпечну та економічно ефективну експлуатацію станції в умовах сучасного виробництва.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

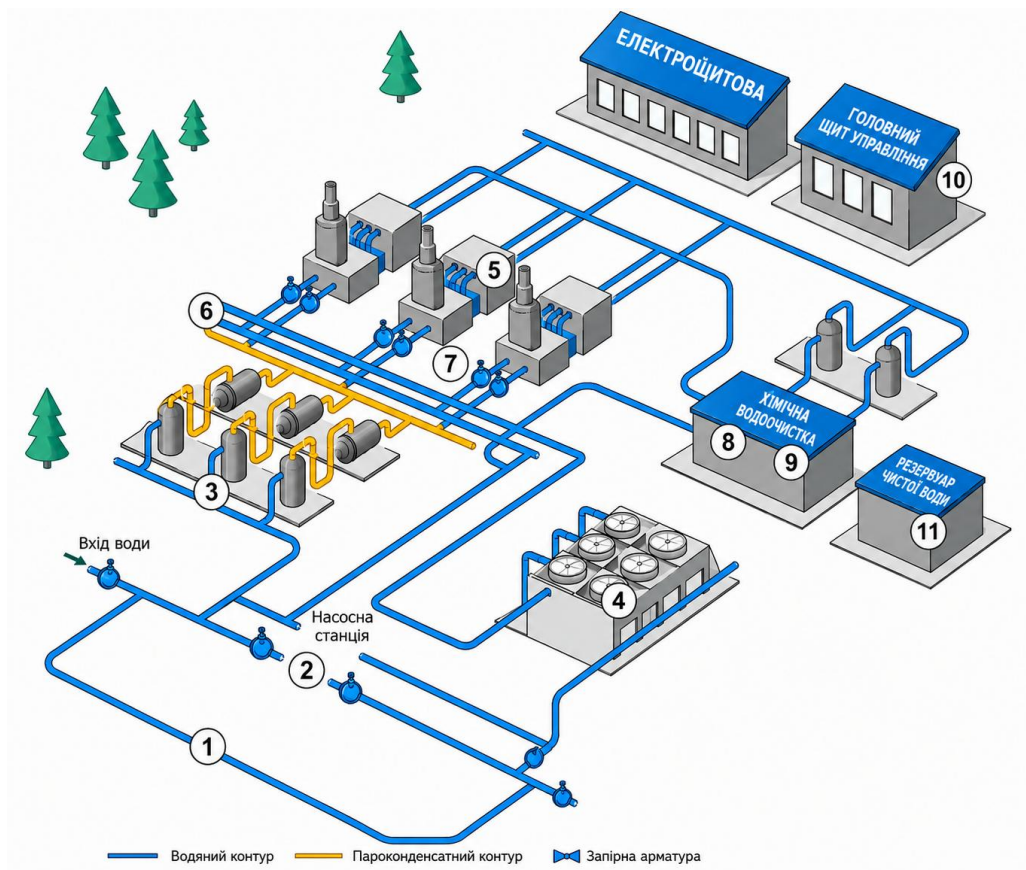


Рисунок 1.1 – Розташування основного обладнання компресорної станції

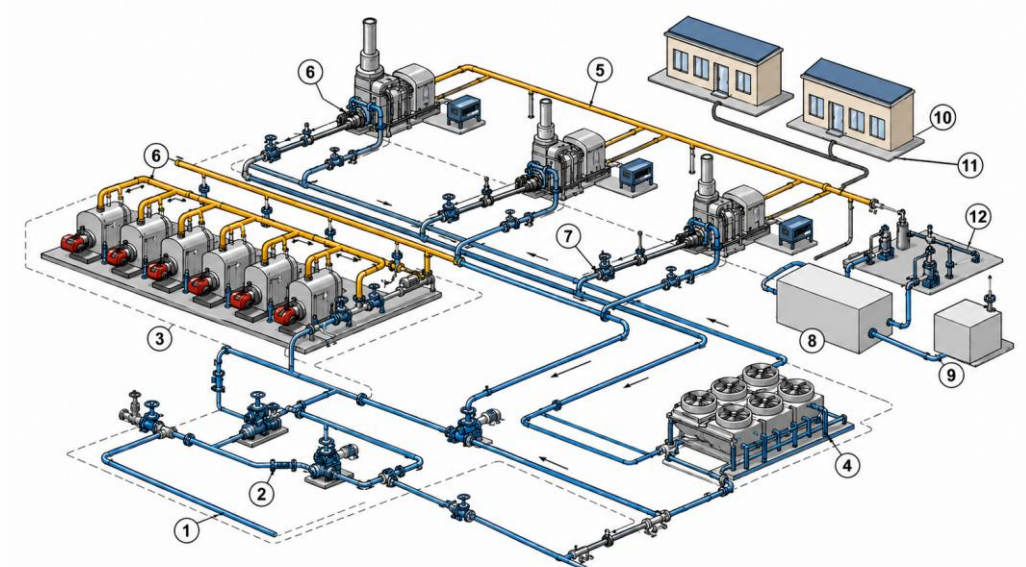


Рисунок 1.2 – Схема розташування обладнання компресорної станції

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ

Арк.

13

На рисунку 1.2 у складі компресорної станції, що складається з газоперекачувальної установки (ГПУ), наведено:

- 1 – підключення магістрального газопроводу до компресорної станції;
- 2 – приймальна камера та камера запуску;
- 3 – установки очищення газу, наприклад пиловловлювачі та фільтри-сепаратори;
- 4 – пристрої охолодження газу;
- 5 – газоперекачувальні агрегати;
- 6 – трубопроводи компресорної станції;
- 7 – клапани та арматура, що використовуються для регулювання і керування потоком у трубопроводах, пов'язаних з агрегатами;
- 8 – установка, відповідальна за обробку та підготовку газу перед його використанням як пускового газу або палива;
- 9 – установка для обробки та підготовки газу для використання як імпульсного газу;
- 10 – додаткові компоненти або допоміжні пристрої, що доповнюють основне обладнання або виконують допоміжні функції;
- 11 – обладнання, відповідальне за виробництво або постачання енергії в системі чи процесі;
- 12 – основний пульт керування та система дистанційного керування;
- 13 – система електрохімічного захисту трубопроводів, що використовується в обв'язці компресорної станції.

Для забезпечення ефективної та безпечної роботи компресорні станції оснащуються рядом додаткових систем і пристроїв, які підвищують надійність обладнання, покращують умови експлуатації та сприяють оптимізації технологічного процесу.

Однією з важливих складових компресорної станції є система регулювання тиску, призначена для підтримання заданих параметрів робочого середовища. Завдяки автоматичному контролю та регулюванню тиску забезпечується

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабільність роботи технологічного обладнання та адаптація режимів функціонування станції до змінних виробничих потреб.

Надійність роботи компресорного обладнання значною мірою залежить від ефективності системи змащування. Для зменшення тертя між рухомими деталями, зниження інтенсивності їх зношування та запобігання передчасному виходу з ладу застосовуються автоматизовані системи подачі мастильних матеріалів. Такі системи забезпечують безперервне змащування вузлів компресора відповідно до встановлених режимів експлуатації.

У процесі стиснення газу відбувається інтенсивне виділення теплової енергії, що може негативно впливати на технічний стан обладнання. З метою підтримання оптимального температурного режиму компресорні станції оснащуються системами охолодження, які можуть працювати за повітряним або водяним принципом. Використання таких систем дозволяє запобігти перегріванню обладнання, підвищити його довговічність та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Під час експлуатації компресорного обладнання виникають значні шумові навантаження, тому важливим елементом сучасних компресорних станцій є системи шумоізоляції. Для зниження рівня шуму застосовуються спеціальні звукоізоляційні кожухи, акустичні панелі та ізольовані приміщення, що сприяє покращенню умов праці персоналу та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Важливу роль у забезпеченні безпечної та ефективної роботи станції відіграють системи моніторингу та контролю. Вони забезпечують безперервне спостереження за основними технологічними параметрами, зокрема тиском, температурою, витратою газу, вібрацією обладнання та іншими показниками. Отримані дані використовуються для оперативного керування процесом, виявлення відхилень від нормального режиму роботи та своєчасного проведення технічного обслуговування.

Особлива увага при проєктуванні сучасних компресорних станцій приділяється питанням енергоефективності. Для зниження енергетичних витрат широко впроваджуються частотно-регульовані електроприводи, системи

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматичної оптимізації режимів роботи, технології рекуперації теплової енергії та інші технічні рішення. Їх застосування дозволяє зменшити споживання енергоресурсів, підвищити економічну ефективність експлуатації та знизити вплив виробництва на довкілля.

Таким чином, сучасна компресорна станція являє собою складний комплекс взаємопов'язаних технічних систем, ефективність функціонування якого визначається не лише характеристиками основного компресорного обладнання, а й рівнем автоматизації, надійністю допоміжних систем та впровадженням енергоощадних технологій. Комплексний підхід до проєктування та експлуатації компресорних станцій забезпечує їх безпечну, надійну та економічно доцільну роботу в різних галузях промисловості.

1.2 Технологічні схеми компресорних станцій

Технологічна схема компресорної станції визначається особливостями технологічного процесу, характеристиками робочого середовища, вимогами до продуктивності, надійності та енергоефективності обладнання. Вибір конкретної схеми здійснюється на етапі проєктування на основі техніко-економічного аналізу та умов експлуатації об'єкта.

Найпростішим варіантом є схема з одним компресором, у якій стиснення газу здійснюється однією компресорною установкою. Такі схеми характеризуються простотою конструкції та порівняно невисокими капітальними витратами, однак мають обмежені можливості щодо резервування обладнання та забезпечення безперервності роботи у разі виникнення аварійних ситуацій.

Для підвищення надійності та продуктивності широко застосовуються схеми з декількома компресорами. У таких системах компресори можуть працювати паралельно або послідовно. Паралельне підключення використовується для збільшення продуктивності та забезпечення гнучкого регулювання подачі газу, тоді

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

як послідовне з'єднання дозволяє досягати вищих значень тиску шляхом багатоступеневого стиснення.

З метою підвищення експлуатаційної надійності часто використовуються схеми з резервним компресором. У цьому випадку один агрегат функціонує в основному режимі, а інший перебуває в резерві та автоматично вводиться в роботу при виході з ладу основного обладнання або під час зростання навантаження. Таке рішення забезпечує безперервність технологічного процесу та зменшує ризик виробничих простоїв.

У багатьох сучасних компресорних станціях застосовується схема з рециркуляцією газу, яка передбачає повернення частини стисненого газу на вхід компресора. Використання рециркуляційного контуру дозволяє стабілізувати режими роботи обладнання, запобігати його роботі в небезпечних режимах та підвищувати загальну ефективність системи.

Для забезпечення оптимального розподілу навантаження між кількома компресорними агрегатами використовуються схеми з паралельною системою керування. Такі системи автоматично координують роботу окремих компресорів, забезпечуючи рівномірний розподіл навантаження, підвищення енергоефективності та зменшення зношування обладнання.

Залежно від конструктивних особливостей компресорного обладнання можуть використовуватися схеми на базі поршневих, гвинтових або відцентрових компресорів. Поршневі компресори забезпечують отримання високого тиску та широко застосовуються на установках малої та середньої продуктивності. Вони відзначаються високою ефективністю, проте потребують більш ретельного технічного обслуговування порівняно з іншими типами компресорів.

Для підвищення ефективності процесу стиснення широко використовуються багатоступеневі схеми з проміжним охолодженням. У таких системах газ після кожного ступеня стиснення охолоджується перед надходженням до наступного ступеня. Це дозволяє знизити енерговитрати, зменшити температуру робочого середовища та покращити умови роботи обладнання.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У деяких технологічних процесах застосовуються схеми із використанням газових детандерів. Детандер забезпечує розширення газу зі зниженням його тиску та одночасним виконанням корисної роботи. Такі установки дозволяють підвищити енергетичну ефективність процесу та частково компенсувати витрати енергії на стиснення газу.

Важливим напрямом удосконалення компресорних станцій є впровадження частотно-регульованих електроприводів. Застосування частотних перетворювачів дозволяє плавно змінювати швидкість обертання приводних двигунів компресорів залежно від поточного навантаження. Завдяки цьому забезпечується точне регулювання продуктивності, зменшуються пускові струми та суттєво підвищується енергоефективність роботи станції.

На магістральних газопроводах і великих промислових об'єктах широко використовуються схеми із газотурбінним приводом компресорів. У таких системах джерелом механічної енергії виступає газова турбіна, яка забезпечує високу потужність та автономність роботи компресорної установки. Подібні рішення є ефективними для транспортування значних обсягів природного газу на великі відстані.

Отже, вибір технологічної схеми компресорної станції є складним інженерним завданням, що потребує врахування багатьох технічних, економічних та експлуатаційних факторів. Раціонально обрана схема забезпечує надійну, безпечну та енергоефективну роботу обладнання, а також створює необхідні умови для ефективного функціонування всього технологічного комплексу.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

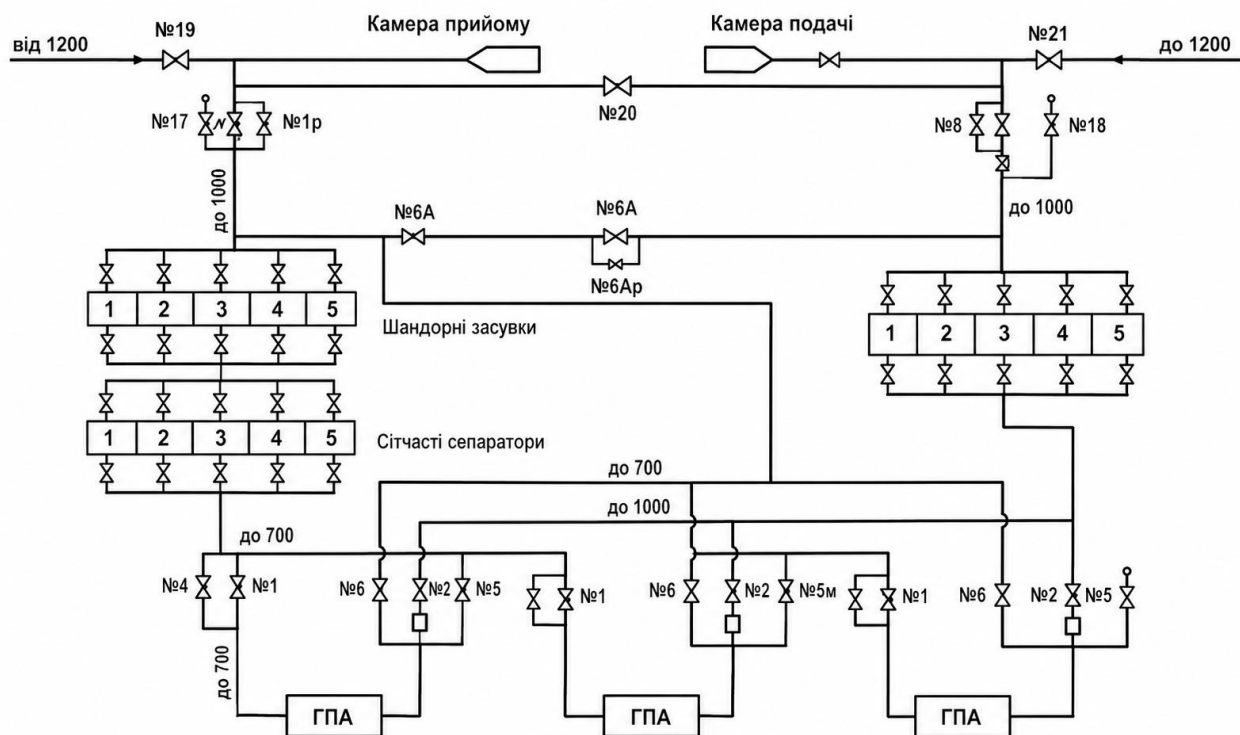


Рисунок 1.3 – Принципова технологічна схема компресорної станції з паралельним підключенням ГПА

На рисунку 1.3 показано схему компресорної станції при паралельному підключенні газоперекачувальних агрегатів (ГПА) для використання повнонапірних нагнітачів.

Принципова технологічна схема компресорної станції (КС) з паралельним підключенням газоперекачувальних агрегатів (ГПА) передбачає такий процес.

Газ надходить на компресорну станцію через вхідний трубопровід або магістральний газопровід. Газ проходить попередню підготовку, що включає видалення вологи, піску, пилу та інших домішок за допомогою фільтрів і сепараторів. Це необхідно для захисту компресорів від зношування та зниження ефективності роботи.

Очищений газ подається на паралельно підключені газоперекачувальні агрегати. Кожен ГПА складається з компресора та приводу (зазвичай двигуна), який забезпечує його роботу.

У кожному ГПА газ стискається до необхідного тиску. У процесі стиснення тиск газу підвищується, а його об'єм зменшується. Після стиснення газ, як правило, охолоджується в охолоджувачах для зниження температури перед подальшим використанням або транспортуванням.

Стиснений газ від кожного ГПА надходить до загального колектора, що забезпечує збирання та змішування потоків газу від усіх агрегатів.

Загальний колектор подає стиснений газ для подальшої обробки або транспортування до системи чи технологічного процесу, для якого призначена компресорна станція.

Керування та контроль роботи компресорної станції здійснюються за допомогою центрального щита керування та системи телемеханіки. Центральний щит забезпечує моніторинг і регулювання роботи ГПА, а також захист від аварійних ситуацій.

Система телемеханіки дозволяє дистанційно керувати та контролювати роботу компресорної станції, що є зручним для моніторингу стану обладнання та проведення його діагностики.

Така технологічна схема з паралельним підключенням ГПА дозволяє досягти високої продуктивності, гнучкості та надійності роботи компресорної станції, а також забезпечує можливість регулювання та оптимізації режимів роботи відповідно до потреб системи або технологічного процесу.

Пристрій очищення, що складається з поршня зі щітками або скребками, являє собою конструкцію, яка використовується для видалення забруднень і відкладень із внутрішньої поверхні трубопроводу в потоці газу. Робота пристрою базується на різниці тисків до та після поршня.

Принцип роботи очисного пристрою полягає в такому:

Поршень зі щітками або скребками встановлюється всередині трубопроводу в місці, де необхідно виконати очищення або видалення відкладень.

Потік газу, що проходить трубопроводом, створює різницю тисків перед поршнем і після нього. Тиск перед поршнем є більшим, ніж після нього.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця різниця тисків створює силу, яка переміщує поршень зі щітками або скребками в напрямку руху газового потоку.

Поршень рухається трубопроводом, очищаючи його внутрішню поверхню. Щітки або скребки зміщують або зіскрібають забруднення, відкладення та інші накопичення зі стінок трубопроводу.

Видалені відкладення транспортуються потоком газу далі по трубопроводу та можуть збиратися або оброблятися в наступних пристроях.

Такий принцип дозволяє ефективно очищати та підтримувати чистоту внутрішньої поверхні трубопроводів без зупинки або демонтажу системи. Очисний пристрій із поршнем та щітками (скребками) є одним із методів механічного очищення трубопроводів у потоці газу [3].

1.3 Автоматизовані системи очищення газу на компресорних станціях

Система підготовки технологічного газу є важливим елементом газотранспортних та газорозподільних об'єктів і призначена для забезпечення необхідної якості газу перед його подачею споживачам або до наступних стадій технологічного процесу. Основним завданням цієї системи є очищення газу від механічних домішок, краплинної вологи та інших небажаних компонентів, які можуть негативно впливати на роботу технологічного обладнання, знижувати ефективність виробничих процесів або спричиняти аварійні ситуації. Параметри підготовленого газу повинні відповідати встановленим нормативним вимогам та міжнародним стандартам щодо якості природного газу.

Одним із основних етапів підготовки газу є його фільтрація. У процесі транспортування та видобутку природний газ може містити різноманітні механічні домішки, зокрема пил, частинки ґрунту, продукти корозії трубопроводів та інші тверді включення. Для їх видалення застосовуються спеціальні фільтрувальні пристрої, які забезпечують очищення газового потоку до необхідного рівня. Залежно від умов експлуатації можуть використовуватися сітчасті, картриджні,

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рукавні або інші типи фільтрів, здатні ефективно затримувати забруднення різного розміру.

Не менш важливим етапом є сепарація газу, спрямована на видалення рідкої фази та конденсату. Під час транспортування природного газу в ньому можуть міститися краплини води, вуглеводневого конденсату та інші рідкі домішки. Для їх відокремлення використовуються сепаратори різних конструкцій, принцип роботи яких ґрунтується на використанні сил тяжіння, інерції або відцентрових сил. У результаті процесу сепарації забезпечується зниження вологості газу та підвищення його якості.

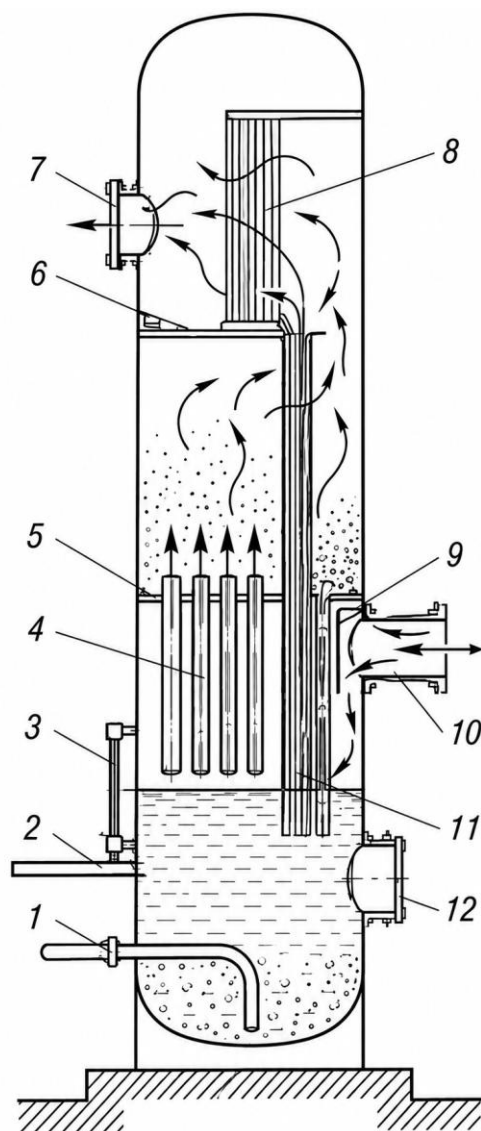
Видалення накопиченої вологи та конденсату із системи здійснюється за допомогою дренажних пристроїв. Дренажна система забезпечує безперервне або періодичне відведення рідких домішок із сепараторів та інших елементів обладнання. Залежно від технологічних вимог можуть використовуватися ручні або автоматичні дренажні системи, що дозволяє мінімізувати втрати газу та підвищити надійність роботи установки.

Для забезпечення стабільної роботи технологічного обладнання та дотримання параметрів газопостачання система підготовки газу оснащується засобами регулювання тиску. Регулятори тиску підтримують задані значення цього параметра незалежно від коливань витрати або змін режимів роботи системи. Завдяки цьому створюються оптимальні умови для подальшого транспортування та використання природного газу споживачами.

У сучасних установках підготовки газу значна увага приділяється автоматизації технологічних процесів. Для контролю параметрів роботи використовуються датчики тиску, температури, рівня конденсату та витрати газу, інформація з яких надходить до систем автоматичного керування. Це дозволяє здійснювати безперервний моніторинг стану обладнання, своєчасно виявляти відхилення від нормального режиму роботи та забезпечувати високий рівень безпеки експлуатації.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, система підготовки технологічного газу забезпечує комплексне очищення та кондиціювання газового потоку перед його подачею споживачам. Ефективна робота системи сприяє підвищенню надійності обладнання, зменшенню експлуатаційних витрат, запобіганню корозії та пошкодженням трубопроводів, а також забезпечує відповідність параметрів природного газу встановленим вимогам якості та безпеки.



1 – сепараційний пристрій; 2 – вихідний патрубок; 3, 4, 5 – штуцери та дренажні трубки; 6 – люк; 7 – козирок; 8 – вхідний патрубок

Рисунок 1.4 – Вертикальний масляний пиловловлювач

Вертикальний масляний пиловловлювач — це пристрій, призначений для видалення масляних аерозолів і пилу з потоків повітря або газу.

Принцип його роботи:

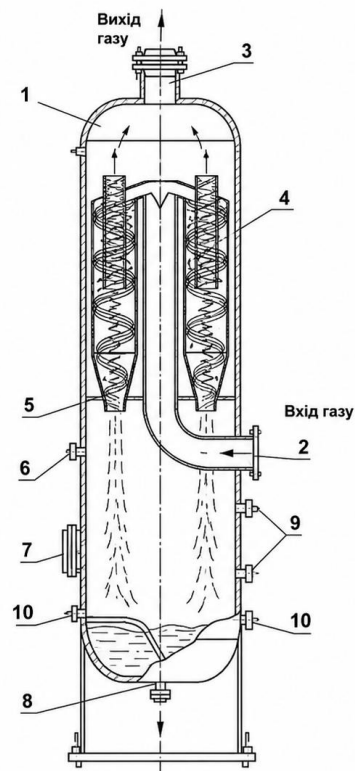
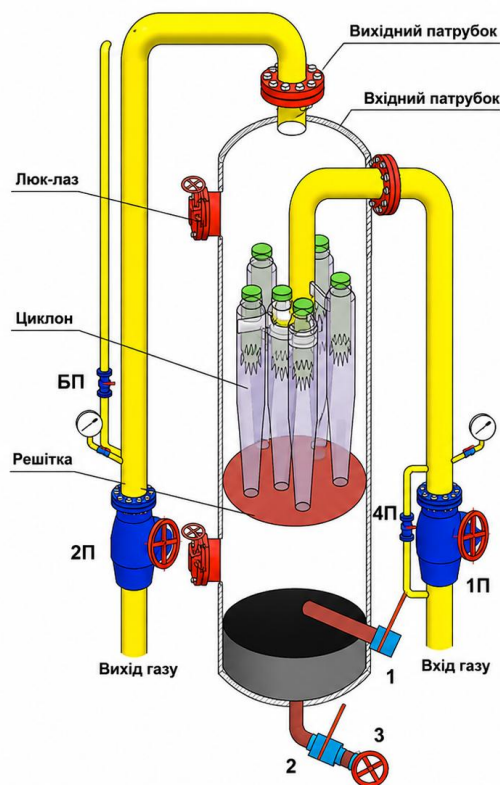
- пиловловлювач складається з вертикального циліндричного корпусу з внутрішніми секціями та системою фільтрації;
- забруднене повітря або газ надходить у корпус через вхідний отвір;
- усередині корпусу розташовані спеціальні фільтри або фільтрувальні пакети, які ефективно затримують масляні аерозолі та пилові частинки;
- під час проходження через фільтри аерозолі масла та пил осідають на поверхні фільтрів або адсорбуються спеціальним фільтрувальним матеріалом;
- очищене повітря або газ проходить крізь фільтри та виходить через вихідний отвір;
- накопичені забруднення відокремлюються від фільтрів і видаляються через систему збору та дренажу;
- пиловловлювач зазвичай оснащується системою контролю ступеня забруднення фільтрів та їх своєчасного очищення або заміни.

Вертикальні масляні пиловловлювачі широко застосовуються в різних галузях промисловості, де необхідне очищення повітря або газу від масляних аерозолів і пилу. Вони забезпечують ефективну фільтрацію, захист обладнання від забруднень та сприяють створенню безпечних умов праці.

Нині на першому ступені очищення газу широко використовуються циклонні пиловловлювачі, які працюють за принципом використання інерційних сил для затримання зважених частинок (рисунок 1.5).

Циклонний пиловловлювач являє собою циліндричну посудину, розраховану на робочий тиск газопроводу, з вбудованими циклонами.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – верхня секція; 2 – вхідний патрубок; 3 – вихідний патрубок; 4 – циклони;
5 – нижня решітка; 6 – нижня секція; 7 – люк-лаз; 8 – дренажний штуцер; 9 –
штуцери контрольно-вимірювальних приладів; 10 – штуцери для відведення
конденсату

Рисунок 1.5 – Циклонний пиловловлювач

Циклонні пиловловлювачі простіші в обслуговуванні порівняно з масляними. Проте ефективність очищення в них залежить від кількості циклонів та дотримання персоналом розрахункових режимів роботи.

Принцип роботи циклонного пиловловлювача:

- забруднений газ або повітря надходить через вхідний патрубок у корпус;
- потік починає обертатися навколо осі циліндра;
- під дією відцентрової сили тверді частинки відокремлюються від газового потоку та переміщуються до конічної частини корпусу;
- відокремлені частинки накопичуються в нижній частині пиловловлювача;

- очищений газ або повітря рухається вгору та виходить через вихідний патрубок;
- конструкція забезпечує зручне видалення накопичених забруднень.

Циклонні пиловловлювачі широко використовуються в промислових процесах і системах, де необхідно видаляти пил та механічні частинки з газових потоків. Вони відзначаються простотою конструкції та високою ефективністю очищення, що дозволяє запобігати забрудненню обладнання, покращувати якість газу та забезпечувати безпечні умови праці.

Під час аналізу графіка на рисунку 1.6 можна побачити залежність продуктивності пиловловлювача від перепаду тиску в апараті. Це свідчить про те, що найефективніше очищення газу досягається під час роботи пиловловлювача в певній області, обмеженій характеристичними кривими. Якщо робоча точка виходить за межі цієї області, ефективність очищення різко знижується.

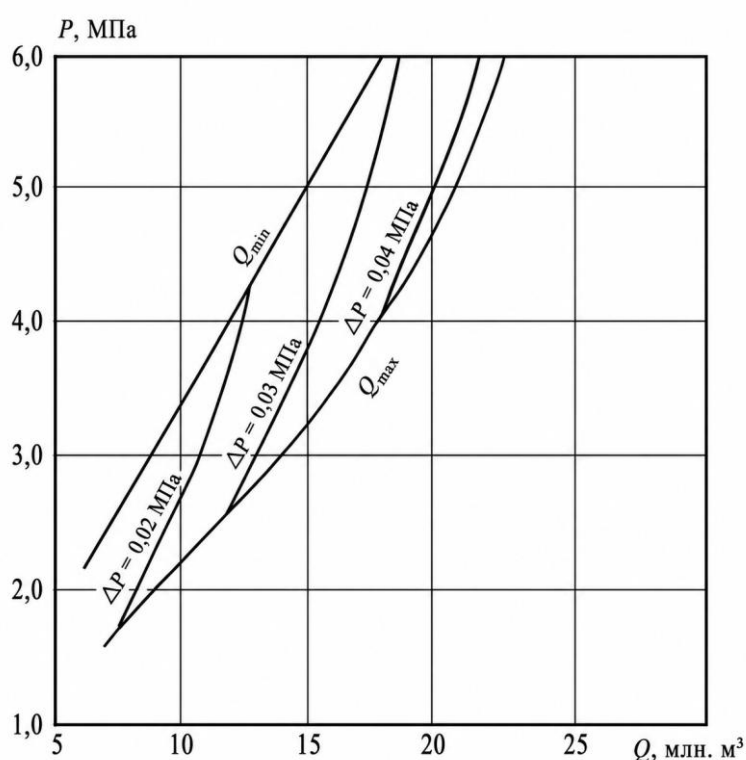


Рисунок 1.6 – Графік залежності продуктивності пиловловлювача $Q = f(P)$ від перепаду тиску ΔP в апараті

Загалом ідея полягає в тому, що для досягнення хорошого результату очищення газу необхідно керувати роботою пиловловлювача так, щоб робоча точка перебувала в оптимальній області на графіку.

Оскільки ефективність циклонних пиловловлювачів щодо видалення забруднень є обмеженою, необхідний додатковий етап очищення. У цьому випадку застосовуються фільтри-сепаратори, які встановлюються після циклонних пиловловлювачів.

Для досягнення високого ступеня очищення газу циклонні пиловловлювачі потребують другого ступеня очищення. У таких випадках використовуються фільтри-сепаратори, які послідовно встановлюються після циклонних пиловловлювачів.

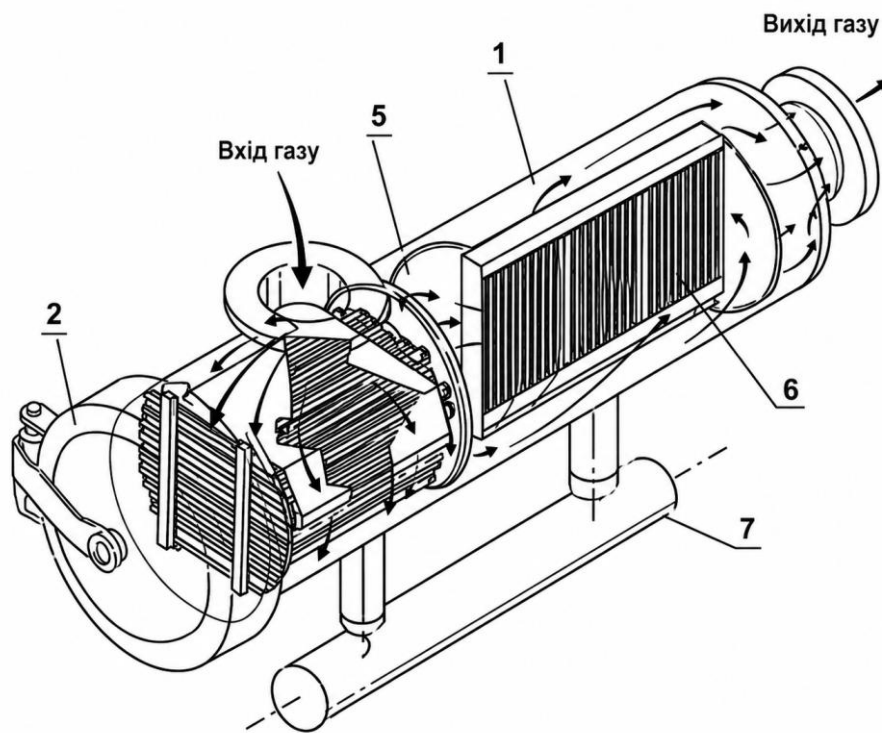
Обидва варіанти передають інформацію про необхідність використання фільтрів-сепараторів після циклонних пиловловлювачів як додаткового ступеня очищення для ефективнішого видалення забруднень із газу.

Через обмеження у досягненні високого рівня очищення газу циклонними пиловловлювачами необхідний другий ступінь очищення. У цьому випадку застосовуються фільтри-сепаратори, які послідовно встановлюються після циклонних пиловловлювачів (рисунки 1.7).

Фільтр-сепаратор призначений для видалення твердих частинок і конденсату з потоку газу або повітря [1]. Його роботу можна описати так:

- забруднений газ або повітря надходить у корпус фільтра-сепаратора через вхідний отвір;
- усередині корпусу газ проходить через фільтрувальні елементи, які затримують тверді частинки, такі як пил, бруд та інші забруднення. Фільтрувальні елементи можуть бути різними, наприклад сітчастими або виготовленими з пористих матеріалів;
- відокремлені тверді частинки осідають на фільтрувальних елементах або збираються у спеціальному відсіку, який за потреби можна очистити або замінити;

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – корпус фільтра; 2 – механізм швидкого доступу; 3 – фільтрувальні елементи; 4 – пряма секція фільтра; 5 – рамна фільтрувальна плита; 6 – краплевідділювач; 7 – резервуар для конденсату

Рисунок 1.7 – Фільтр-сепаратор

- у процесі проходження через фільтр-сепаратор також відбувається відокремлення конденсату з газового потоку. Краплевідділювач і збірник конденсату служать для збирання та виведення конденсату із системи;
- очищений газ або повітря, звільнені від частинок і конденсату, виходять із фільтра-сепаратора через вихідний отвір і продовжують рух системою.

Робота фільтра-сепаратора дозволяє значно покращити якість газу або повітря, запобігти пошкодженню обладнання, підвищити ефективність роботи системи та забезпечити безпечні умови експлуатації.

Для виявлення витоків і визначення наявності природного газу в повітрі газ піддається процесу одоризації, під час якого до нього додаються спеціальні пахучі речовини. Зазвичай як одоранти використовуються етилмеркаптан і

тетрагідротіофен. Одоризація газу проводиться перед його подачею споживачам у магістральних газопроводах або іноді на газорозподільних станціях (ГРС).

Для виявлення витоків природного газу в повітрі та забезпечення його розпізнавання застосовується процес одоризації, під час якого до газу додаються спеціальні пахучі речовини, що надають йому сильного й характерного запаху. Зазвичай як пахучі домішки використовуються етилмеркаптан і тетрагідротіофен. Одоризація газу здійснюється перед його подачею споживачам у магістральних газопроводах, а іноді на газорозподільних станціях (ГРС).

Для виявлення витоків і визначення наявності природного газу в атмосфері газ проходить процедуру одоризації, під час якої до нього додаються спеціальні одоранти для надання газу інтенсивного характерного запаху. Зазвичай як одоранти застосовуються етилмеркаптан і тетрагідротіофен. Одоризація газу здійснюється перед його подачею споживачам у магістральних газопроводах, а іноді на газорозподільних станціях (ГРС).

У науково-технічному процесі існує один із напрямів, який називається автоматизацією. Він передбачає застосування автоматичних технічних засобів і математичних методів, спрямованих на зменшення ролі людини в процесах отримання, перетворення, передавання та використання матеріалів, енергії, інформації або продукції. Автоматизація прагне усунути або зменшити участь людини в робочих процесах, забезпечуючи їх автоматичне та ефективніше виконання.

У межах науково-технічного розвитку застосовується важливий напрям — автоматизація. Вона ґрунтується на використанні автоматичних технічних засобів і математичних методів з метою зменшення ролі людини в процесах отримання, перетворення, передавання та використання матеріалів, енергії, інформації або продукції. Автоматизація спрямована на зменшення або повне усунення участі людини в операційних процесах, забезпечуючи автоматичне та ефективніше виконання завдань.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сфері науково-технічного прогресу існує важливий напрям — автоматизація. Вона передбачає застосування автоматичних технічних засобів і математичних методів, спрямованих на зменшення ролі людини в процесі отримання, перетворення, передавання та використання матеріалів, енергії, інформації або продукції. Автоматизація спрямована на автоматичне виконання операцій і зменшення участі людини в робочих процесах, забезпечуючи ефективніше виконання завдань.

1.4 Функції та завдання автоматизованої системи керування вузлом очищення газу

Автоматизована система керування установкою очищення газу виконує низку функцій і завдань, зокрема [1]:

- керування процесом очищення газу: АСК контролює та регулює всі операції, пов'язані з очищенням газу від механічних домішок і вологи. Вона контролює робочі параметри обладнання, такі як тиск, температура, витрата газу та інші, і автоматично регулює їх для забезпечення ефективного очищення;
- моніторинг і діагностика: система здійснює постійний моніторинг параметрів і стану обладнання, а також проводить діагностику можливих несправностей або відхилень. Вона виявляє проблеми й автоматично пропонує рішення або попереджає операторів про необхідність втручання;
- керування ресурсами: АСК контролює споживання ресурсів, таких як енергія та хімічні реагенти, і оптимізує їх використання. Вона забезпечує ефективне використання ресурсів шляхом зменшення витрат і оптимізації експлуатаційних витрат;
- зв'язок та інтеграція: система забезпечує зв'язок і взаємодію з іншими вузлами та системами, такими як загальна система керування компресорною станцією або інформаційні системи. Вона передає та отримує інформацію, забезпечуючи узгодженість і синхронізацію роботи;

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- безпека та аварійний захист: АСК забезпечує контроль безпеки роботи вузла очищення газу, зокрема захист від аварійних ситуацій. Вона автоматично реагує на небезпечні стани або порушення параметрів, вживаючи заходів для запобігання можливим аваріям і забезпечення безпеки персоналу та обладнання;

- журналювання та звітність: система записує й архівує дані про роботу установки очищення газу, формує звіти та статистику. Це дозволяє аналізувати продуктивність, ефективність і якість роботи системи, а також планувати й оптимізувати процеси.

Загалом автоматизована система керування установкою очищення газу забезпечує надійну й ефективну роботу цього вузла шляхом оптимізації процесів, а також забезпечення безпеки та контролю процесу очищення газу.

1.5 Постановка завдання автоматизації

Постановка завдання автоматизації передбачає визначення цілей і вимог, яких можна досягти за допомогою автоматизованої системи. Вона включає такі основні етапи:

- аналіз поточного стану: виявлення існуючих процесів і систем керування, визначення проблемних місць і труднощів, аналіз вимог і потреб користувачів;

- визначення цілей і вимог: встановлення кінцевих цілей автоматизації, визначення основних вимог до системи, таких як підвищення продуктивності, зниження витрат, покращення якості та надійності, забезпечення безпеки тощо;

- вибір автоматизованої системи: визначення відповідної технології та системи керування, що відповідає поставленим цілям і вимогам. Це може включати вибір програмного забезпечення, апаратних засобів, датчиків, засобів зв'язку та інших компонентів;

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розроблення концепції системи: створення загальної концепції та архітектури автоматизованої системи, визначення її основних модулів і функцій, взаємодії з існуючими системами та обладнанням;

- розроблення та впровадження: створення і реалізація конкретних технічних рішень, розроблення програмного забезпечення, монтаж і налаштування обладнання, проведення випробувань та введення системи в експлуатацію;

- навчання та підтримка: підготовка персоналу до роботи з автоматизованою системою, забезпечення технічної підтримки та обслуговування, моніторинг роботи системи та її постійне вдосконалення.

Постановка завдання автоматизації є важливим етапом процесу впровадження автоматизованої системи керування та забезпечує основу для розроблення і успішної реалізації проєкту.

Транспортування газу магістральними газопроводами вважається найбільш оптимальним способом. Магістральні газопроводи являють собою спеціально створену інфраструктуру, призначену для ефективного транспортування газу на великі відстані.

Переваги транспортування газу магістральними газопроводами:

- економічна ефективність: магістральні газопроводи дозволяють транспортувати великі обсяги газу на значні відстані з мінімальними витратами. Вони забезпечують безперервне постачання газу споживачам і дозволяють оптимізувати процес транспортування;

- безпека та надійність: магістральні газопроводи будуються з урахуванням високих стандартів безпеки, що забезпечують захист від витоків та інших аварійних ситуацій. Вони мають високу надійність і здатні забезпечувати стабільне постачання газу протягом тривалого часу;

- масштабованість: магістральні газопроводи можуть мати різну довжину та діаметр, що дозволяє адаптувати їх до різних обсягів і потоків газу. Вони можуть обслуговувати як локальні, так і міжнародні ринки, забезпечуючи гнучкість транспортування;

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- екологічна стійкість: транспортування газу магістральними газопроводами вважається екологічно більш прийнятним варіантом порівняно з іншими способами транспортування, такими як танкерні перевезення або автомобільний транспорт. Це сприяє зменшенню викидів і покращенню екологічної ситуації.

Висновки до розділу

У даному розділі проведено аналіз технологічного процесу очищення природного газу та досліджено особливості функціонування компресорних станцій як важливих об'єктів газотранспортної системи. Розглянуто призначення, структуру та основні технологічні схеми компресорних станцій, визначено їх роль у забезпеченні необхідних параметрів транспортування природного газу.

Проаналізовано основні методи підготовки та очищення газу, що застосовуються на сучасних компресорних станціях, а також досліджено особливості побудови автоматизованих систем керування цими процесами. Встановлено, що ефективне очищення газу від механічних домішок, вологи та конденсату є необхідною умовою забезпечення надійної та безпечної експлуатації технологічного обладнання, трубопроводів і засобів транспортування газу.

У результаті аналізу автоматизованих систем очищення газу визначено основні контрольовані та регульовані параметри технологічного процесу, до яких належать тиск, температура, витрата та рівень робочого середовища. Встановлено, що використання сучасних засобів автоматизації дозволяє забезпечити безперервний контроль технологічних параметрів, своєчасне виявлення аварійних ситуацій та підтримання оптимальних режимів роботи обладнання.

Розглянуто функції та завдання автоматизованої системи керування вузлом очищення газу, визначено вимоги до точності, надійності та швидкодії системи. Обґрунтовано необхідність застосування сучасних програмно-технічних засобів

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматизації для підвищення ефективності роботи компресорної станції, зменшення впливу людського фактора та забезпечення безпечної експлуатації технологічного комплексу.

На основі проведеного аналізу сформульовано постановку завдання автоматизації, яка полягає у розробленні автоматизованої системи керування технологічним процесом очищення газу із забезпеченням безперервного контролю параметрів процесу, підтримання заданих режимів роботи обладнання, підвищення надійності функціонування системи та покращення техніко-економічних показників роботи компресорної станції.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 СИНТЕЗ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

2.1 Огляд процесів підготовки природного газу

Підготовка природного газу є важливим етапом його підготовки до транспортування магістральними газопроводами та подальшого використання споживачами. Основною метою цього процесу є забезпечення відповідності показників якості газу встановленим нормативним вимогам, насамперед щодо температури точки роси за водою та вуглеводнями [2].

Під час транспортування природного газу магістральними трубопроводами відбувається зміна його термодинамічних параметрів, зокрема тиску та температури. За певних умов це може призводити до конденсації водяної пари та важких вуглеводнів із утворенням рідкої фази. Наявність конденсату в газопроводах спричиняє зниження пропускної здатності трубопроводів, прискорює корозійні процеси та погіршує надійність роботи технологічного обладнання. Тому перед подачею до магістральних газопроводів природний газ піддають очищенню та осушенню. Для підготовки природного газу застосовують різні технології, серед яких найбільш поширеними є абсорбція, адсорбція, низькотемпературна конденсація та низькотемпературна сепарація. Вибір конкретної технології визначається складом видобутого газу, необхідним ступенем осушення, вимогами до вилучення цільових компонентів і техніко-економічними показниками процесу. Для газів із підвищеним вмістом азоту або при необхідності вилучення гелію використовуються кріогенні технології, а останнім часом активно впроваджуються мембранні методи розділення газових сумішей.

2.1.1 Абсорбційний метод

Абсорбційний метод належить до найбільш поширених способів підготовки природного газу. Його принцип ґрунтується на вибіркового поглинанні вологи та

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

важких вуглеводнів спеціальними рідкими абсорбентами. Як абсорбенти найчастіше використовують діетиленгліколь (ДЕГ) і триетиленгліколь (ТЕГ), а також окремі нафтові фракції.

У процесі абсорбції природний газ надходить до абсорбера та рухається назустріч потоку абсорбенту. Під час контакту між фазами відбувається поглинання водяної пари та важких вуглеводнів. Насичений абсорбент подається на регенерацію до десорбера, де під дією підвищеної температури вилучені компоненти відокремлюються, а відновлений абсорбент повертається до циклу.

Перевагами абсорбційного методу є відносна простота обладнання, висока надійність та можливість безперервної роботи. Водночас даний метод має певні обмеження. Зокрема, температура точки роси газу після обробки зазвичай не перевищує мінус 30 °С, що не завжди відповідає сучасним вимогам магістрального транспортування. Крім того, за низьких температур істотно зростає в'язкість гліколів, що ускладнює їх використання в районах із суворими кліматичними умовами.

2.1.2 Адсорбційний метод

Адсорбційний метод базується на здатності твердих пористих матеріалів вибірково поглинати вологу та важкі вуглеводні з газового потоку. Як адсорбенти використовують активоване вугілля, силікагель, алюмогель, боксити та цеоліти, відомі також як молекулярні сита.

Процес осушення відбувається під час проходження газу через шар адсорбенту, на поверхні якого затримуються молекули води та вуглеводнів. Після насичення адсорбент регенерується шляхом нагрівання або продування сухим газом, після чого знову використовується в технологічному циклі.

Основною перевагою адсорбційного методу є можливість досягнення дуже низьких значень температури точки роси, що забезпечує високий ступінь осушення природного газу. Крім того, цей метод дозволяє ефективно вилучати важкі вуглеводневі компоненти та забезпечує стабільну якість підготовленого газу. До

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

недоліків належать відносно високі капітальні та експлуатаційні витрати, пов'язані з регенерацією або заміною адсорбенту.

Важливою перевагою адсорбційних установок є їх екологічна безпечність. У процесі регенерації практично відсутні викиди вуглеводнів у навколишнє середовище, а також виключається потрапляння адсорбенту до магістрального газопроводу.

2.1.3 Низькотемпературна конденсація

Низькотемпературна конденсація є процесом охолодження природного газу до температури, за якої частина компонентів переходить у рідкий стан. При цьому тиск у системі залишається практично незмінним, а ступінь конденсації визначається кінцевою температурою охолодження та складом газової суміші.

Метою процесу є вилучення важких вуглеводнів і конденсату для забезпечення необхідних показників якості товарного газу. Залежно від технологічних вимог можуть використовуватися різні схеми охолодження: із внутрішнім холодильним циклом, зовнішнім холодильним циклом або комбінованим охолодженням.

Перевагою даного методу є можливість глибокого вилучення важких вуглеводневих компонентів і отримання цінних рідких продуктів переробки. Ефективність процесу значною мірою залежить від параметрів охолодження та конструкції теплообмінного обладнання.

2.1.4 Низькотемпературна сепарація природного газу

Низькотемпературна сепарація є одним із найбільш поширених і економічно ефективних способів підготовки природного газу. Суть методу полягає в охолодженні та розширенні газу до температур, за яких відбувається конденсація важких вуглеводнів з подальшим розділенням газової та рідкої фаз у сепараторі.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зниження температури може здійснюватися шляхом дроселювання газу або використання детандерів. При дроселюванні відбувається ефект Джоуля–Томсона, який забезпечує охолодження потоку внаслідок зниження тиску. Використання детандерів дозволяє досягати нижчих температур та забезпечує вищий ступінь вилучення важких вуглеводнів порівняно з дросельними пристроями.

Основною перевагою низькотемпературної сепарації є відносно невисока вартість підготовки газу та можливість ефективного вилучення конденсату. Водночас ефективність процесу залежить від пластового тиску газу та його компонентного складу. На завершальних стадіях розробки родовищ для підтримання необхідних параметрів процесу часто використовуються дотискні компресорні станції та зовнішні джерела холоду.

Таким чином, кожна з розглянутих технологій має свої переваги, недоліки та сферу ефективного застосування. Вибір способу комерційної підготовки природного газу повинен здійснюватися з урахуванням фізико-хімічних властивостей сировини, вимог до якості товарного газу та економічної доцільності впровадження відповідної технології.

2.2 Розроблення математичної моделі регулюючого клапана

Для вибору оптимального регулятора необхідно обрати модель об'єкта керування. Для регулювання тиску та витрати газу в АСР використовується запірний регулятор. Конструктивно він може бути виконаний у вигляді крана, золотника або клапана.

У цьому випадку об'єктами керування є клапани з приводами. Відповідно до законів газової динаміки, при малому відкритті клапана швидкість зміни тиску повітря у виконавчому елементі, тобто на виході з клапана, визначається за формулою:

$$\frac{dp_k}{dt} = K \cdot X, \quad (2.1)$$

де X — переміщення, тобто величина відкриття клапана;

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K = f(p, q, U)$ — коефіцієнт підсилення клапана;

p — тиск повітря в порожнині джерела тиску, тобто ресивера;

q — відношення тиску повітря в порожнині за клапаном до тиску p . Зазвичай під час розгляду динаміки систем особливий інтерес становить критичний режим витікання, коли $0 < q < 0.5282, F(q) = \text{const}$;

U — об'єм ємності, у яку відбувається витікання повітря.

Конструкцію клапана показано на рисунку 2.5.

- X — переміщення клапана;
- p_k — тиск повітря на виході з клапана;
- P — тиск повітря на вході в клапан.

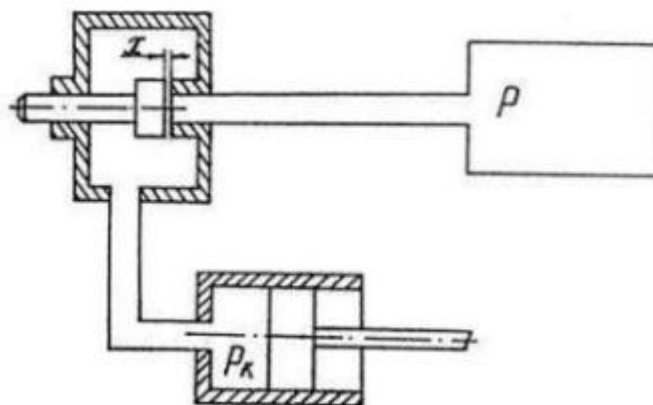


Рисунок 2.1 – Конструкція клапана

При $P = \text{const}$, $U = \text{const}$, $f(q) = \text{const}$ параметр K є сталою величиною, а диференціальне рівняння для пневматичного клапана в операторній формі має вигляд:

$$s \cdot p_k(s) = K \cdot X(s), \quad (2.2)$$

Де $X(s)$ — зображення вхідного параметра, $p(s)$ — зображення вихідного параметра, а передавальна функція матиме вигляд:

$$W(s) = \frac{p_k(s)}{X(s)} = \frac{K}{s}. \quad (2.3)$$

Отже, під час моделювання пневматичний клапан може бути представлений як інтегруюча ланка.

Як модель об'єкта було обрано передавальну функцію:

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$W_{oy} = \frac{K}{Tp}. \quad (2.4)$$

У середовищі моделювання MatLab (Simulink) [3] було створено імітаційну модель об'єкта керування, яку показано на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Модель клапана

2.3 Розроблення алгоритму автоматичного регулювання технологічних параметрів

У системі регулювання використовується PID-алгоритм, який забезпечує високу точність та ефективність регулювання, швидке відновлення після виникнення відхилень і стійкість до зовнішніх впливів. PID-регулятор є основним компонентом автоматичної системи керування, призначеним для підтримання заданого значення вимірюваного параметра.

Принцип роботи PID-регулятора полягає у вимірюванні різниці між заданим значенням (уставкою) та поточним значенням регульованої величини з подальшим формуванням керуючого сигналу, що складається з трьох компонентів: пропорційної, інтегральної та диференціальної складових. Пропорційна складова пропорційна величині відхилення, інтегральна враховує накопичені відхилення за часом, а диференціальна — швидкість зміни відхилення.

У математичній моделі автоматичного регулювання тиску використовуються такі основні компоненти: завдання (задане значення тиску), PID-регулятор (для формування керуючого сигналу), частотний перетворювач (для зміни швидкості двигуна), двигун (керуючий елемент), редуктор (для передавання потужності), регулюючий орган (наприклад, клапан або насос) та об'єкт керування (система, у якій підтримується необхідний тиск).

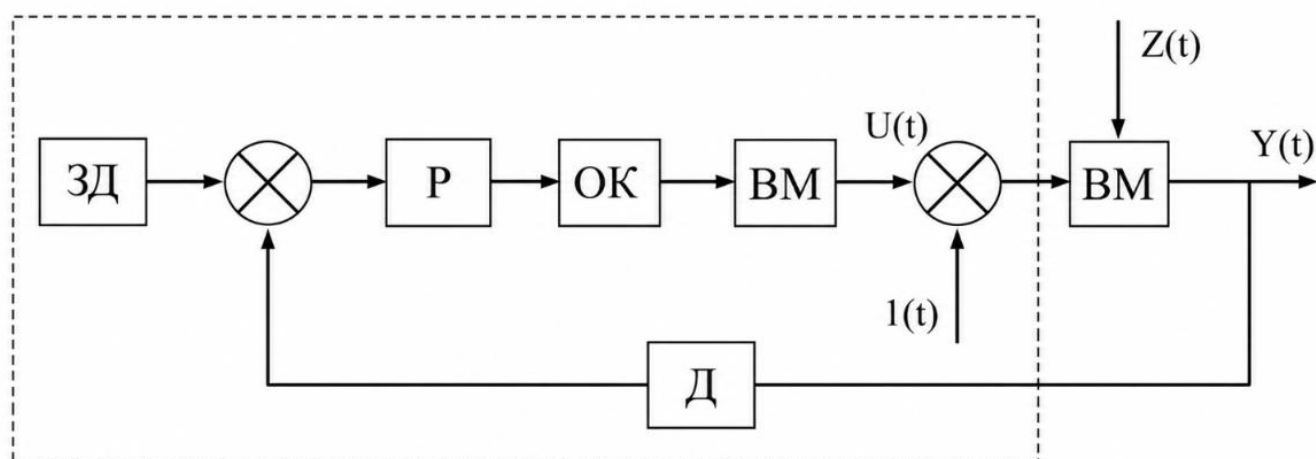
					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Цей опис дозволяє краще зрозуміти принцип роботи та складові системи автоматичного регулювання тиску.

Передавальна функція електропривода:

$$W(s) = \frac{K}{Ts+1}, \quad (2.5)$$

$$W(s) = \frac{0,02}{0,08s+1}. \quad (2.6)$$



ЗД — вимірювальний пристрій для задання значення параметра; Р — регулятор; ОК — об’єкт керування; ВМ — виконавчий механізм; Д — давач

Рисунок 2.2 – Структурна схема системи автоматичного регулювання

Оскільки частота регулюється залежно від вхідного струму 4–20 мА та змінюється в діапазоні від 0 до 300 кГц, коефіцієнт передавання приймається рівним 15. Стала часу взята з технічної документації на перетворювач.

Коефіцієнт передавання електропривода визначено на основі максимальної частоти 300 кГц та максимальної швидкості обертання 600 об/хв, тому його значення прийнято рівним 0,002. Стала часу визначена за кривою розгону відповідно до технічної документації.

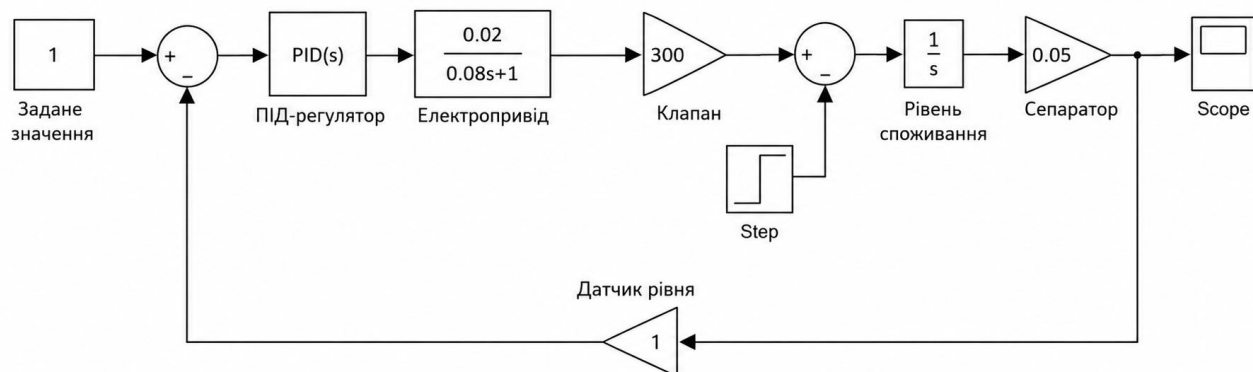


Рисунок 2.3 – Схема САР у середовищі Matlab

Для забезпечення необхідних показників якості регулювання було виконано синтез PID-регулятора в середовищі MATLAB Simulink із використанням вбудованого інструмента автоматичного налаштування PID Controller Tuner. Процедура налаштування передбачала аналіз динамічних властивостей об'єкта керування та автоматичний розрахунок параметрів регулятора, які забезпечують прийнятний компроміс між швидкістю системи, точністю регулювання та запасом стійкості.

Під час налаштування було отримано перехідну характеристику системи та виконано підбір коефіцієнтів пропорційної, інтегральної та диференціальної складових регулятора. В результаті автоматичного налаштування визначено такі параметри PID-регулятора:

$$K_p = 0,0057;$$

$$K_i = 0,000087;$$

$$K_d = 0,0055.$$

Отримане значення пропорційного коефіцієнта (K_p) забезпечує формування керуючого впливу пропорційно до величини похибки регулювання та визначає загальну швидкість системи. Інтегральна складова (K_i) призначена для усунення статичної похибки та підвищення точності підтримання заданого значення технологічного параметра в усталеному режимі роботи. Диференціальна складова (K_d) забезпечує прогнозування зміни похибки, що дозволяє покращити динамічні

характеристики системи, зменшити перерегулювання та підвищити стійкість процесу керування.

Після визначення параметрів регулятора було проведено моделювання замкненої системи автоматичного регулювання в середовищі MATLAB Simulink. Аналіз результатів моделювання показав, що налаштований PID-регулятор забезпечує стійкий характер перехідного процесу, достатню швидкодію та задовільну точність регулювання. Перехідна характеристика системи характеризується відсутністю значних коливань, помірним часом встановлення та незначним перерегулюванням, що свідчить про коректність обраних параметрів регулятора.

Отримані значення коефіцієнтів PID-регулятора були використані для подальшого дослідження роботи автоматизованої системи керування технологічним процесом очищення газу та аналізу її динамічних характеристик.

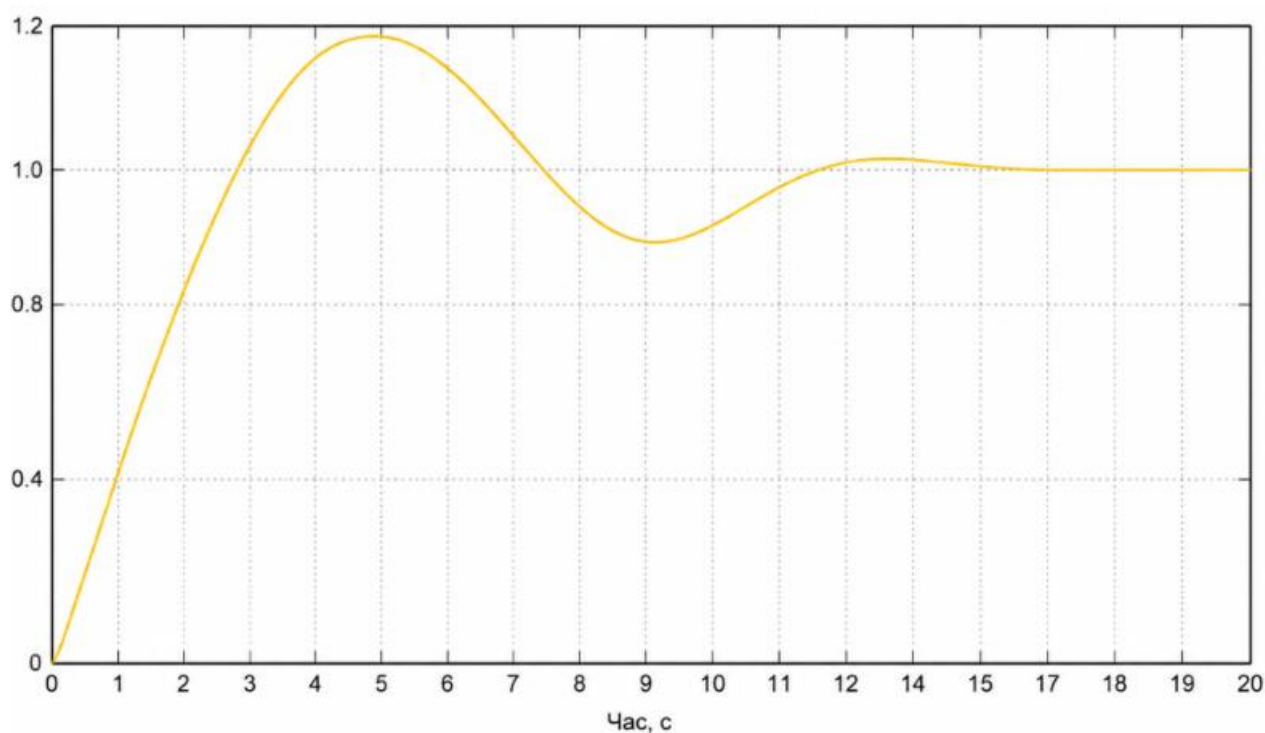


Рисунок 2.4 – Результат перехідного процесу

Після налаштування PID-регулятора та побудови моделі системи автоматичного регулювання в середовищі MATLAB Simulink було проведено дослідження перехідної характеристики системи. Аналіз отриманого графіка

дозволив оцінити основні показники якості регулювання та визначити ефективність роботи розробленої системи керування.

З графіка перехідного процесу встановлено, що система є стійкою та забезпечує вихід регульованої величини на задане значення без статичної похибки. У процесі регулювання спостерігається незначне коливання вихідного сигналу, яке поступово затухає, що свідчить про достатній запас стійкості системи.

Основні показники якості перехідного процесу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники якості перехідного процесу

Показник	Значення
Усталене значення	1,0
Максимальне значення	1,18
Перерегулювання	18 %
Час наростання	3 с
Час досягнення максимуму	5 с
Час встановлення	13 с
Статична похибка	0 %

Отримані результати свідчать про задовільну якість регулювання. Розроблена система автоматичного керування забезпечує необхідну швидкодію, прийнятне перерегулювання та відсутність статичної похибки, що дозволяє рекомендувати її для використання в системі автоматизації технологічного процесу очищення газу.

Висновки до розділу

У даному розділі виконано синтез автоматичної системи керування технологічним процесом очищення природного газу. Проведено аналіз основних методів підготовки газу, зокрема абсорбційного, адсорбційного, низькотемпературної конденсації та низькотемпературної сепарації. Встановлено, що вибір технології підготовки газу визначається вимогами до якості

підготовленого продукту, складом газової суміші та техніко-економічними показниками виробництва.

Для дослідження динамічних властивостей системи було розроблено математичну модель регулюючого клапана як об'єкта керування. На основі аналізу фізичних процесів отримано передавальну функцію об'єкта, що дозволило побудувати його імітаційну модель у середовищі MATLAB Simulink.

Розроблено структуру автоматичної системи регулювання та обґрунтовано використання PID-регулятора як основного засобу керування технологічними параметрами процесу.

За результатами моделювання встановлено, що система є стійкою та характеризується задовільними показниками якості регулювання.

Отримані результати підтверджують працездатність і ефективність розробленої системи автоматичного керування та свідчать про можливість її використання для автоматизації технологічного процесу очищення природного газу з метою підвищення надійності, стабільності та енергоефективності роботи обладнання.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ СКЛАДОВОЇ САК

3.1 Розроблення функціональної схеми автоматизації

Розроблення функціональної схеми автоматизації — це процес створення діаграми, яка описує взаємодію компонентів і функцій автоматизованої системи. Така схема є графічним поданням функцій, блоків і зв'язків, що забезпечують автоматичну роботу системи.

Основні етапи створення функціональної схеми автоматизації:

- визначення функцій системи: встановлення основних функцій, які повинна виконувати автоматизована система. Це можуть бути функції керування, контролю, регулювання тощо;
- поділ функцій на блоки: функції системи розподіляються на блоки залежно від їх взаємозв'язків і логічної структури. Кожний блок відповідає за певні операції або підзадачі;
- визначення зв'язків між блоками: встановлюються взаємозв'язки та взаємодії між блоками функціональної схеми. Це можуть бути сигнали даних, команди керування, зворотний зв'язок та інші види взаємодії;
- деталізація функцій і блоків: уточнення вхідних та вихідних параметрів, опис їхніх властивостей і принципів роботи. Це дозволяє точніше визначити вимоги до кожного блока та функції;
- документування та аналіз: підготовка документації, що містить функціональну схему, опис блоків і їх взаємозв'язків. Також проводиться аналіз відповідності схеми поставленим вимогам і необхідним функціональним можливостям.

Функціональна схема автоматизації є важливим інструментом під час проєктування автоматизованих систем. Вона допомагає логічно структурувати та описати роботу системи, спрощує взаєморозуміння між розробниками та

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

замовниками, а також слугує основою для подальшого впровадження та програмування системи автоматизації.

Структура АСК поділяється на три основні рівні:

- нижній рівень включає різноманітні датчики, виконавчі механізми та приводи. На цьому рівні здійснюються збір інформації про технологічний процес, операції керування та регулювання, самодіагностика програмного забезпечення та обмін інформацією;
- середній рівень забезпечує збір і первинну обробку інформації від пристроїв нижнього рівня, контроль заданих параметрів, а також приймання і передачу даних на верхній (інформаційно-обчислювальний) рівень. На основі отриманих даних оператор формує команди автоматичного керування та регулювання. У проєктованій системі середній рівень реалізується за допомогою PLC та модема, через які здійснюється обмін інформацією з верхнім рівнем;
- інформаційно-обчислювальний (верхній) рівень забезпечує накопичення, оброблення та систематизацію інформації, що надходить із нижчих рівнів, формування баз даних, індикацію необхідних параметрів, реєстрацію та зберігання інформації. На цьому рівні також формуються звітні документи та здійснюється керування технологічними режимами системи.

Актуальність автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора установки комплексної підготовки газу визначається:

- необхідністю підвищення ефективності взаємодії оператора (диспетчера) із системою та мінімізації критичних помилок під час керування;
- скороченням часу на оброблення інформації та пошук необхідних даних;
- підвищенням якості контролю та обліку аналогових і дискретних параметрів;
- підвищенням ефективності роботи оператора під час керування технологічним обладнанням.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цій роботі не розглядаються системи управління виробництвом, такі як ERP (Enterprise Resource Planning) та MES (Manufacturing Execution Systems).

Функціональна схема автоматизації (FSA) є основним проєктним документом, який визначає рівень і структуру автоматизації технологічного процесу об'єкта, а також склад обладнання, оснащеного засобами автоматизації та обчислювальною технікою.

Функціональні схеми подаються у вигляді креслень, на яких за допомогою умовних позначень відображаються технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади, засоби автоматизації, обчислювальна техніка та інші елементи з показом їх взаємозв'язків. До схем додаються таблиці умовних позначень і пояснювальні примітки.

На рисунку 3.1 наведено структурну схему об'єкта керування, а на рисунку 3.3 показано функціональну схему автоматизації процесу очищення газу.

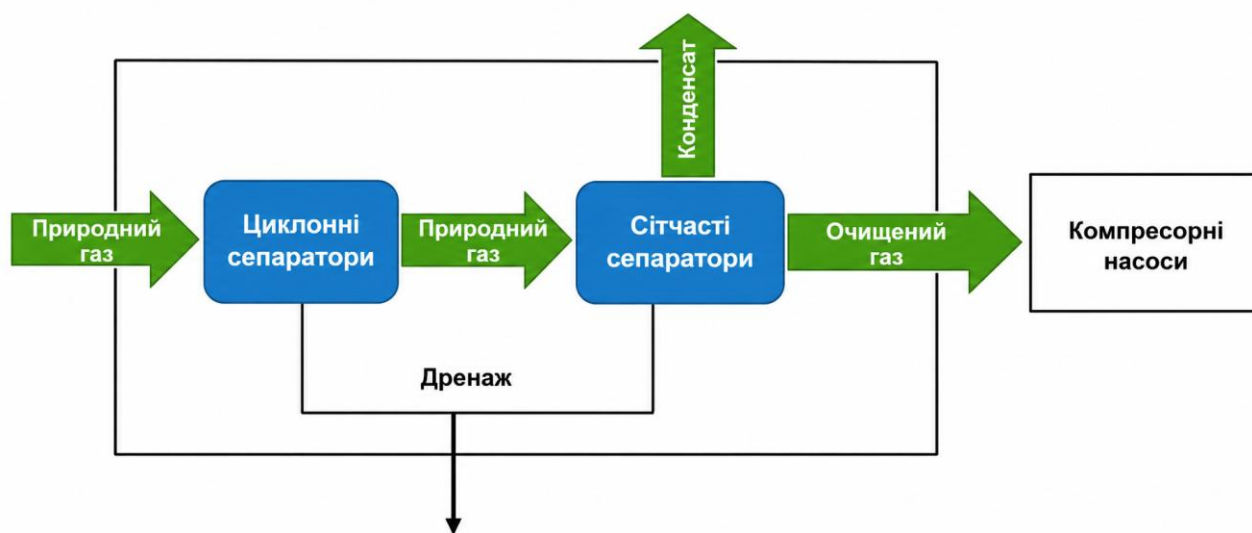
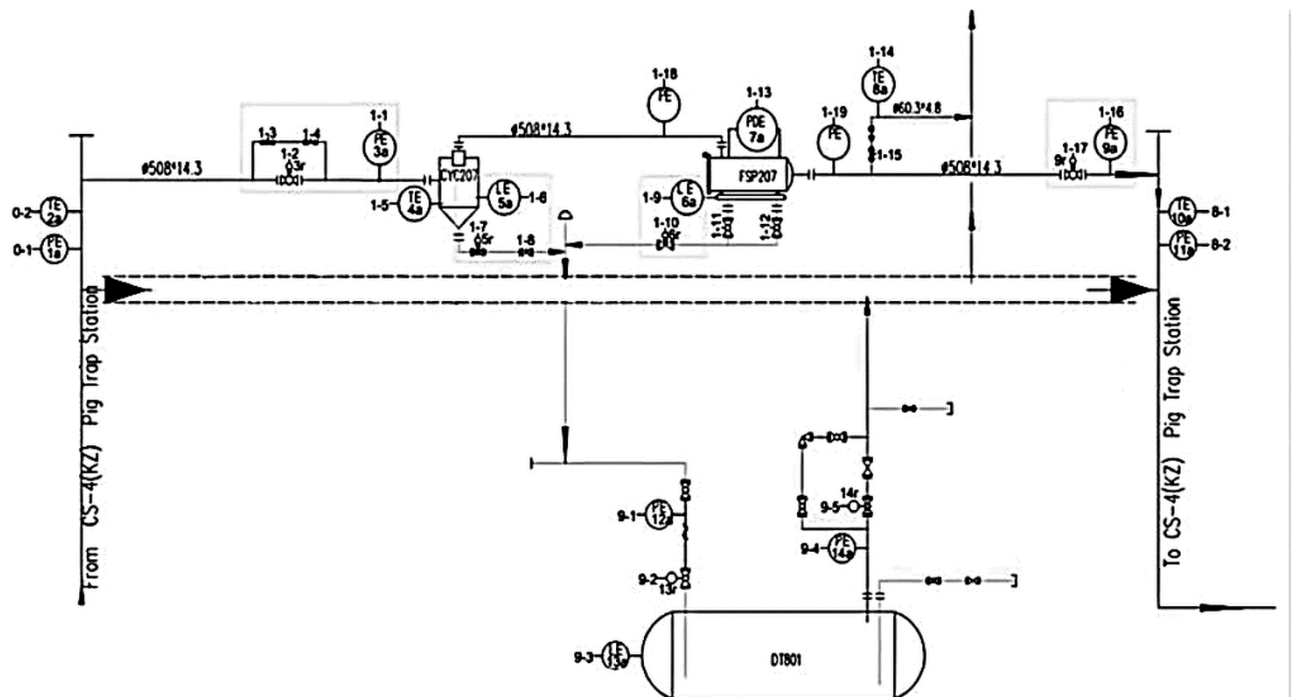


Рисунок 3.1 – Структурна схема об'єкта керування

У функціональній схемі передбачені такі вимірювальні канали та контури керування:

- вимірювання температури та тиску газу, що надходить до системи очищення газу (позиції від 0-1 до 0-4);
- контур керування та вимірювання стану газу (позиції від 1-1 до 7-17);

- контур регулювання витрати газу на вході до циклонного сепаратора (позиції 1А–1Г);



LIC	0-1	0-2	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	1-13	1-14	1-15	1-16	1-17	1-18	1-19	8-1	8-2	9-1	9-2	9-3	9-4	9-5
Прилади за місцем	Контроль тиску 0-5 атм PT 16	Контроль температури 50-100°C TI 28	Контроль тиску 0-5 атм PT 36	Відкрити / Закрити NS 3f	Відкрити / Закрити NS	Байпасний клапан NS	Контроль температури 50-100°C TI 46	Контроль рівня 50-80 % LI 56	Відкрити / Закрити NS 5f	NS	Контроль рівня 50-80 % LI 60	Відкрити / Закрити NS 6f	NS	NS	Контроль тиску 0-5 атм PT 76	Контроль температури 50-100°C TI 86	NS	Контроль тиску 0-5 атм PT 96	Відкрити / Закрити NS 9f	Контроль тиску 0-5 атм PT	Контроль тиску 0-5 атм PT	Контроль температури 50-100°C TI 106	Контроль тиску 0-5 атм PT 116	Контроль тиску 0-5 атм PT 126	Відкрити / Закрити NS 13f	Контроль рівня 50-80 % LI 136	Контроль тиску 0-5 атм PT 146	Відкрити / Закрити NS 14f
Шафа (опціонально)																												
SM1231AIB (44)	AI																											
SM1231AO4 (28)	AO																											
SM1223DI16 (70)	DI																											
SM1223DO16 (42)	DO																											
Операторський екран SIMATIC HMI IPC 477C																												
Функції	PIR 1B	TIR 2B	PIRSC 3B				TI 4B	LIC 5B			LRC 6B				PIRC 7B	TI 8B		PIRSC 9B	PI	PI	TIR 10B	PIR 11B	PI 12B		LIC 13B		PIC 14B	

Рисунок 2.2 – Функціональна схема автоматизації установки очищення газу

- контур вимірювання температури газу та регулювання рівня в циклонному сепараторі (позиції 2А–2Е);
- контур регулювання рівня газу на виході із сепаратора (позиція 3А) та на виході з фільтра-сепаратора (позиції 3А, 4А–3Г, 4Г);
- вимірювання перепаду тиску газу у фільтрі-сепараторі (позиція 13);
- керування температурою газу після фільтра-сепаратора (позиції 5А–5Г);

- вимірювання тиску газу на виході вузла (позиції 6А–6Г);
- вимірювання температури та тиску очищеного газу на виході системи (позиції від 8-1 до 8-9);
- система контролю дренажу (позиції від 9-1 до 10-13).

Ці елементи та контури дозволяють здійснювати вимірювання і керування різними параметрами та станами газу в процесі очищення.

3.2 Обґрунтування вибору контролера

На ринку представлений широкий вибір спеціалізованих контролерів різних виробників для керування насосними та компресорними станціями. Найбільш відомими та поширеними брендами є Siemens, Rockwell/Allen Bradley та Mitsubishi Electric, які пропонують спеціалізовані контролери з попередньо визначеними алгоритмами керування.

Компанія **Siemens** є одним із світових лідерів у галузі промислової автоматизації. Основними перевагами її рішень є широкий асортимент програмованих логічних контролерів серії SIMATIC, інтегрована програмна платформа TIA Portal, висока надійність обладнання та зручність інтеграції з іншими системами керування. Контролери серій S7-1200 та S7-1500 забезпечують реалізацію складних алгоритмів керування, підтримують сучасні промислові мережі та мають розвинуті засоби діагностики. Важливою перевагою Siemens є наявність великої кількості технічної документації, навчальних матеріалів і сервісної підтримки.

Компанія Rockwell Automation, відома насамперед завдяки бренду Allen-Bradley, спеціалізується на високопродуктивних системах автоматизації для промислових підприємств. Контролери сімейств CompactLogix і ControlLogix відзначаються високою швидкістю, надійністю та широкими можливостями масштабування. Програмне забезпечення Studio 5000 забезпечує зручне програмування та конфігурування систем керування. Особливо широко рішення

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Rockwell використовуються на підприємствах Північної Америки. До недоліків можна віднести відносно високу вартість обладнання та програмного забезпечення порівняно з європейськими та азійськими аналогами.

Компанія Mitsubishi Electric пропонує широкий спектр рішень для автоматизації виробничих процесів. Найбільш відомими є контролери серій FX та iQ-R, які характеризуються високою надійністю, компактністю та доступною вартістю. Програмне середовище GX Works забезпечує зручне налаштування та програмування контролерів. Обладнання Mitsubishi Electric часто використовується в машинобудуванні, харчовій промисловості та на підприємствах середньої потужності. Основною перевагою є оптимальне співвідношення ціни та функціональних можливостей, хоча за рівнем інтеграції складних систем керування Mitsubishi дещо поступається Siemens та Rockwell Automation.

Для порівняння основні характеристики розглянутих виробників наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння програмно-технічних засобів автоматизації

Критерій	Siemens	Rockwell (Allen-Bradley)	Mitsubishi Electric
Надійність	Висока	Дуже висока	Висока
Функціональні можливості	Дуже широкі	Дуже широкі	Широкі
Простота програмування	Висока	Висока	Середня
Програмне середовище	TIA Portal	Studio 5000	GX Works
Підтримка промислових мереж	Дуже широка	Дуже широка	Широка
Масштабованість систем	Висока	Дуже висока	Середня
Вартість впровадження	Середня	Висока	Низька–середня
Поширеність в Україні	Дуже висока	Середня	Середня
Підтримка SCADA/HMI	Повна	Повна	Повна

Проведений аналіз показав, що всі розглянуті виробники забезпечують високий рівень автоматизації технологічних процесів та мають широкий набір функціональних можливостей. Однак для системи автоматизації технологічного процесу очищення газу найбільш доцільним є використання обладнання Siemens. Це пояснюється високою надійністю, широкими можливостями інтеграції, підтримкою сучасних мережевих протоколів, поширеністю обладнання в Україні та наявністю розвинутого програмного середовища TIA Portal. Крім того, рішення Siemens широко застосовуються в нафтогазовій галузі та добре зарекомендували себе під час автоматизації складних технологічних об'єктів.

Siemens SIMATIC S7-1200 є модульним програмованим логічним контролером (PLC). Завдяки своїй конструкції, системі охолодження та можливості організації розподіленого введення-виведення, PLC SIMATIC S7-1200 забезпечує високу економічність і широкі можливості для автоматизації різноманітних завдань керування.

Контролери SIMATIC S7-1200 [4] застосовуються в різних галузях промисловості, зокрема:

- спеціалізовані машини;
- текстильне обладнання;
- пакувальні машини;
- загальне машинобудування;
- виробництво автоматизованих систем;
- електротехнічне та електронне виробництво та інші галузі.

Це лише деякі сфери, у яких широко використовуються PLC SIMATIC S7-1200.

Під час модернізації та розвитку виробництва контролер PLC може бути доукомплектований необхідним набором модулів. При виборі контролера враховуються такі фактори:

Характер застосування.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

PLC може використовуватися як локальний контролер, мережева станція або віддалений вузол керування.

Функціональні можливості.

PLC може реалізовувати регулювання за PID-законами, терморегулювання, керування системами теплопостачання та водопостачання, збір і обробку даних, аварійні блокування та захист, а також інші функції.

Це лише частина факторів, які враховуються при виборі PLC для забезпечення необхідної функціональності та ефективності системи керування.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики центральних процесорів SIMATIC S7-1200

Параметр	CPU1211C	CPU1212C	CPU1214C	CPU1215C	CPU1217C
Завантажувальна пам'ять	1 МБ	1 МБ	4 МБ	4 МБ	4 МБ
Робоча пам'ять програми	30 КБ	50 КБ	75 КБ	100 КБ	125 КБ
Енергонезалежна пам'ять	10 КБ	10 КБ	10 КБ	10 КБ	10 КБ
Розширення пам'яті	*	*	*	*	*
Адресний простір входів	1024 байт	1024 байт	1024 байт	1024 байт	1024 байт
Адресний простір виходів	1024 байт	1024 байт	1024 байт	1024 байт	1024 байт
Час виконання логічної операції	0,08 мкс	0,08 мкс	0,08 мкс	0,08 мкс	0,08 мкс
Час виконання операцій зі словами	1,7 мкс	1,7 мкс	1,7 мкс	1,7 мкс	1,7 мкс
Час виконання операцій з плаваючою комою	2,3 мкс	2,3 мкс	2,3 мкс	2,3 мкс	2,3 мкс

Параметр	CPU1211C	CPU1212C	CPU1214C	CPU1215C	CPU1217C
Вбудовані PID-регулятори	Так	Так	Так	Так	Так
Швидкісні лічильники	6×100 кГц	6×100/30 кГц	6×100/30 кГц	6×100/30 кГц	4×1 МГц + 6×100 кГц
Імпульсні виходи	4×100 кГц	4×100 кГц	4×100 кГц	4×100 кГц	4×1 МГц
Годинник реального часу	Так	Так	Так	Так	Так
Інтерфейс PROFINET	1×RJ45	1×RJ45	1×RJ45	1×RJ45	2×RJ45
Швидкість Ethernet	10/100 Мбіт/с	10/100 Мбіт/с	10/100 Мбіт/с	10/100 Мбіт/с	10/100 Мбіт/с
Максимальна кількість модулів сигналів (SM)	—	2	8	8	8
Максимальна кількість комунікаційних модулів (CM)	3	3	3	3	3
Діапазон робочих температур	0...+55 °C	0...+55 °C	0...+55 °C	0...+55 °C	0...+55 °C
Напруга живлення	24 В DC	24 В DC	24 В DC	24 В DC	24 В DC
Ступінь захисту	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20

Аналіз технічних характеристик контролерів серії SIMATIC S7-1200 показує, що всі моделі підтримують реалізацію алгоритмів автоматичного регулювання, роботу в мережах PROFINET та інтеграцію із сучасними SCADA-системами [5]. Для автоматизації технологічного процесу очищення газу найбільш доцільним є використання контролера CPU1215C, який має достатній обсяг пам'яті, підтримує підключення до восьми модулів розширення, забезпечує реалізацію декількох

контурів PID-регулювання та має необхідний запас продуктивності для подальшого розвитку системи керування. Контролер CPU1215C характеризується оптимальним співвідношенням функціональних можливостей, надійності та вартості, що робить його раціональним вибором для проєктованої системи автоматизації.

Пристрій керування компресорною станцією виконує такі функції:

- керування роботою компресорів: пристрій контролює та регулює роботу компресорів, включаючи їх запуск, зупинку, регулювання швидкості та навантаження;
- керування системами охолодження та змащування: забезпечує правильну роботу систем охолодження і змащування компресорів шляхом контролю параметрів та керування відповідними механізмами;
- автоматичне керування та оптимізація: пристрій може бути запрограмований для автоматичного керування компресорною станцією відповідно до заданих параметрів і цілей. Він оптимізує роботу системи, керує розподілом навантаження між компресорами, регулює швидкість обертання та інші параметри для досягнення максимальної ефективності й енергозбереження.

Це лише частина функцій, які виконує система керування компресорною станцією. Залежно від конкретних вимог і характеристик станції функціональні можливості пристрою можуть бути розширені або змінені [9].

У даному проєкті обрано контролер Siemens S7-1200 моделі CPU1214C.

Такий вибір обумовлений наявністю необхідної кількості входів і виходів для успішної реалізації проєкту. Зокрема, контролер забезпечує 84 аналогові входи, 42 аналогові виходи, 28 дискретних входів і 35 дискретних виходів.

Обрані модулі наведено в таблиці 3.4.

Під час вибору апаратних засобів системи автоматизації технологічного процесу очищення газу було враховано кількість вхідних та вихідних сигналів, необхідність реалізації алгоритмів автоматичного регулювання, а також можливість подальшого розширення системи. Як центральний елемент обрано контролер SIMATIC S7-1200 CPU1214C, який забезпечує достатню продуктивність для реалізації алгоритмів

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

керування, підтримує роботу з мережею PROFINET та має вбудовані засоби PID-регулювання.

Таблиця 3.3 – Вибір апаратних засобів системи автоматизації

Найменування модуля	Тип модуля	Основні характеристики	Призначення
Джерело живлення	PS1207	24 В DC, 2,5 А	Живлення контролера та модулів вводу-виводу
Центральний процесор	CPU1214C	14 DI, 10 DO, 2 AI, PROFINET, 75 КБ пам'яті програми	Виконання алгоритмів керування та обробка даних
Аналоговий вхід	SM1231 AI8	8 аналогових входів, 0–10 В / 4–20 мА, 13 біт	Підключення датчиків тиску, витрати та температури
Аналоговий вихід	SM1232 AO4	4 аналогові виходи, 0–10 В / 4–20 мА, 14 біт	Формування керуючих сигналів для виконавчих механізмів
Дискретний вхід	SM1221 DI16	16 дискретних входів, 24 В DC	Прийом сигналів від кінцевих вимикачів, кнопок та датчиків стану
Дискретний вихід	SM1222 DO16	16 дискретних виходів, 24 В DC	Керування пускачами, клапанами та сигналізацією
Комунікаційний модуль	CM1241 RS485/RS422 PtP	Інтерфейс RS-485/RS-422, підтримка Modbus RTU	Обмін даними з частотними перетворювачами, лічильниками та іншими пристроями

Для підключення контрольно-вимірювальних приладів використовується модуль аналогових входів SM1231 AI8, що дозволяє здійснювати збір інформації від датчиків тиску, температури та витрати. Формування керуючих сигналів для регулюючих клапанів і частотних перетворювачів здійснюється за допомогою модуля аналогових виходів SM1232 AO4.

Обробка дискретних сигналів реалізується модулями SM1221 DI16 та SM1222 DO16, які забезпечують взаємодію контролера з кінцевими вимикачами, кнопками керування, світловою та звуковою сигналізацією. Для організації інформаційного обміну з периферійними пристроями використовується комунікаційний модуль SM1241, який підтримує інтерфейси RS-485 та RS-422 і забезпечує передачу даних за протоколом Modbus RTU.

Обраний комплект обладнання забезпечує необхідну функціональність, надійність та можливість подальшої модернізації автоматизованої системи керування технологічним процесом очищення газу.

3.3 Вибір обладнання для системи автоматизації

Під час вибору технічних засобів для побудови системи автоматизації необхідно враховувати низку факторів, які безпосередньо впливають на ефективність, надійність та безпеку функціонування системи. Насамперед обладнання повинно відповідати технічним вимогам проєкту та забезпечувати реалізацію всіх необхідних функцій керування, контролю та моніторингу технологічного процесу. При цьому важливими характеристиками є кількість і тип каналів вводу-виводу, продуктивність контролера, підтримка промислових мереж і протоколів обміну даними, а також можливість подальшого розширення системи.

Одним із ключових критеріїв вибору є надійність обладнання, оскільки від його безвідмовної роботи залежить стабільність функціонування всього технологічного комплексу. Тому перевага надається технічним засобам відомих виробників, які мають позитивний досвід експлуатації на промислових об'єктах та відповідають сучасним вимогам щодо якості й безпеки.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим фактором також є сумісність обладнання з іншими компонентами системи автоматизації. Обрані пристрої повинні підтримувати необхідні інтерфейси та протоколи зв'язку, що забезпечує їх інтеграцію в єдину інформаційно-керуючу систему та безперешкодний обмін даними між усіма її елементами.

Не менш важливим аспектом є наявність технічної підтримки та сервісного обслуговування. Використання обладнання, для якого забезпечується кваліфікована підтримка виробника або офіційного постачальника, дозволяє оперативно усувати можливі несправності, виконувати модернізацію програмного забезпечення та підтримувати систему в працездатному стані протягом усього терміну експлуатації.

Таким чином, вибір технічних засобів автоматизації повинен здійснюватися на основі комплексного аналізу технічних характеристик, надійності, сумісності, економічної доцільності та умов експлуатації конкретного об'єкта.

На компресорній станції №4 (КС-4) реалізовано систему дистанційного контролю та моніторингу основних технологічних параметрів, що забезпечує безпечне та ефективне функціонування обладнання. До переліку контрольованих параметрів належать тиск, температура, витрата газу, рівень робочих середовищ та технічний стан основного і допоміжного обладнання.

Контроль тиску здійснюється в основних вузлах технологічної схеми, зокрема на вході та виході компресорних агрегатів, у магістральних трубопроводах, сепараторах та інших технологічних апаратах. Отримана інформація використовується для підтримання заданих режимів роботи обладнання та своєчасного виявлення відхилень від нормативних значень.

Температурний контроль охоплює температуру природного газу на різних етапах його підготовки та транспортування, температуру охолоджувальних середовищ, мастильних матеріалів і окремих вузлів компресорного обладнання. Контроль температури дозволяє запобігати перегріванню обладнання та забезпечувати оптимальні умови його експлуатації.

Одним із найважливіших параметрів є витрата природного газу. Система забезпечує безперервний моніторинг витрати на вході та виході компресорної

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

станції, а також на окремих технологічних ділянках. Це дає можливість контролювати ефективність роботи обладнання, виконувати облік транспортованого газу та своєчасно виявляти можливі втрати.

Для контролю роботи технологічних ємностей і сепараторів здійснюється вимірювання рівня рідин і конденсату. Інформація про рівень використовується для керування дренажними системами та запобігання аварійним ситуаціям, пов'язаним із переповненням обладнання.

Окрему увагу приділено контролю технічного стану обладнання. Система автоматизації забезпечує моніторинг роботи компресорів, насосів, регулюючих клапанів, електроприводів, датчиків та інших елементів технологічного комплексу. Це дозволяє своєчасно виявляти несправності, проводити профілактичне обслуговування та мінімізувати ризик аварійних зупинок.

Основною метою дистанційного контролю та моніторингу є забезпечення безпечної, надійної та економічно ефективної роботи компресорної станції. Використання сучасних засобів автоматизації дозволяє оперативно реагувати на зміни технологічних параметрів, своєчасно виявляти аварійні ситуації та підтримувати стабільність роботи системи транспортування природного газу.

3.3.1 Вибір давача тиску

Найчастіше для вимірювання тиску використовують датчики Rosemount (Emerson), Endress+Hauser, Siemens та Yokogawa.

Проведений аналіз показує, що всі розглянуті датчики відповідають сучасним вимогам промислової автоматизації та можуть використовуватися для контролю тиску в системах очищення та транспортування природного газу. Вони забезпечують високу точність вимірювання, підтримують сучасні протоколи цифрового зв'язку та мають вибухозахищене виконання, необхідне для експлуатації на об'єктах нафтогазової промисловості.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Порівняльна характеристика датчиків тиску

Характеристика	Rosemount 3051	Siemens SITRANS P DS III	Endress+Hauser Cerabar PMP71
Діапазон вимірювання, МПа	0–0,001 до 0–41,4	0–0,001 до 70	0–0,001 до 70
Основна похибка, %	±0,04	±0,075	±0,05
Вихідний сигнал	4–20 мА, HART	4–20 мА, HART, PROFIBUS PA	4–20 мА, HART, PROFIBUS PA
Вибухозахист	Ex ia, Ex d	Ex ia, Ex d	Ex ia, Ex d
Робоча температура, °C	–40...+120	–40...+125	–40...+125
Ступінь захисту	IP66/IP67	IP67	IP66/IP68
Цифрова діагностика	Так	Так	Так
Можливість дистанційного налаштування	Так	Так	Так
Надійність в умовах нафтогазової галузі	Дуже висока	Висока	Дуже висока

Серед розглянутих приладів особливої уваги заслуговує Rosemount 3051, який є одним із найпоширеніших промислових перетворювачів тиску у світі. Прилад характеризується високою точністю вимірювання (до $\pm 0,04$ %), широким діапазоном налаштувань, розвинутими функціями самодіагностики та високою надійністю роботи в складних умовах експлуатації. Наявність протоколу HART дозволяє здійснювати дистанційне налаштування та діагностику датчика безпосередньо з операторської станції.

Датчик Siemens SITRANS P DS III відзначається широким діапазоном вимірювання та високою стійкістю до впливу зовнішніх факторів. Його перевагою

є повна інтеграція з обладнанням Siemens, що спрощує побудову єдиної автоматизованої системи керування на базі контролерів SIMATIC S7-1200.

Датчик Endress+Hauser Cerabar PMP71 характеризується високою довготривалою стабільністю показів, широкими можливостями цифрової комунікації та підвищеною стійкістю до агресивних середовищ. Завдяки цьому він широко використовується на підприємствах газової, нафтової та хімічної промисловості.

Для розроблюваної системи автоматизації технологічного процесу очищення газу доцільно обрати датчик тиску Rosemount 3051, оскільки він забезпечує найкраще поєднання точності, надійності, функціональних можливостей та сумісності із сучасними системами автоматизації, що є важливим для безпечної та ефективної роботи компресорної станції.

3.3.2 Вибір рівнеміра

Для об'єктів підготовки та очищення газу найбільш поширеними є рівнеміри Rosemount [6], Endress+Hauser [7] та VEGA.

Проведений аналіз показує, що всі розглянуті рівнеміри забезпечують високу точність вимірювання, мають широкий діапазон робочих температур та можуть використовуватися в умовах вибухонебезпечних виробництв. Завдяки застосуванню радарного принципу вимірювання вони не залежать від густини, температури, тиску та складу робочого середовища, що є важливою перевагою для технологічних процесів очищення та підготовки природного газу.

Рівнемір Rosemount 5408 характеризується високою надійністю та простотою налаштування, широко використовується в нафтогазовій промисловості та підтримує розширені функції діагностики. Прилад забезпечує стабільні результати вимірювань навіть за наявності піни, турбулентності та конденсату.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Порівняльна характеристика датчиків рівня

Характеристика	Rosemount 5408	Endress+Hauser Levelflex FMP54	VEGA VEGAFLEX 81
Принцип вимірювання	Радарний безконтактний	Направлений радар (TDR)	Направлений радар (TDR)
Діапазон вимірювання, м	до 30	до 45	до 32
Температура контрольованого середовища, °C	-40...+250	-196...+450	-40...+200
Тиск контрольованого середовища, МПа	до 4	до 40	до 4
Температура навколишнього середовища, °C	-40...+80	-40...+80	-40...+80
Основна похибка вимірювання	±2 мм	±2 мм	±2 мм
Вихідний сигнал	4–20 мА, HART	4–20 мА, HART, PROFIBUS PA	4–20 мА, HART
Вибухозахист	Ex ia, Ex d	Ex ia, Ex d	Ex ia, Ex d
Ступінь захисту	IP66/IP68	IP66/IP68	IP66/IP68

Endress+Hauser Levelflex FMP54 має найбільший діапазон вимірювання та може працювати за високих температур і тисків. Завдяки високій точності та стійкості до складних умов експлуатації він широко застосовується на об'єктах газопереробної та нафтохімічної промисловості.

Рівнемір VEGA VEGAFLEX 81 відзначається високою надійністю, компактністю та простотою інтеграції в сучасні системи автоматизації. Прилад

забезпечує стабільну роботу в широкому діапазоні технологічних параметрів і має розвинуті засоби самодіагностики.

Для системи автоматизації технологічного процесу очищення газу доцільно обрати Rosemount 5408, оскільки він забезпечує високу точність вимірювання, надійну роботу в умовах газової промисловості, підтримує цифровий протокол HART та має широке поширення на компресорних станціях і газопереробних підприємствах. Це дозволяє підвищити надійність контролю рівня в технологічних апаратах і забезпечити безпечну експлуатацію обладнання.

Прилади провідних міжнародних виробників, які широко використовуються в нафтогазовій та хімічній промисловості. До таких належать манометри компаній WİKA (Німеччина), Ashcroft (США) та Bourdon (Франція).

Для локального контролю тиску в технологічному обладнанні системи очищення газу використовуються стрілочні манометри, які забезпечують візуальний контроль параметрів безпосередньо на об'єкті. Манометри повинні характеризуватися високою точністю, надійністю та стійкістю до впливу агресивних середовищ, вібрацій і перепадів температур.

3.3.3 Вибір давача температури

Для контролю температури в технологічному процесі очищення природного газу використовуються термоперетворювачі опору з вбудованими вимірювальними перетворювачами, які забезпечують високу точність вимірювання, надійність роботи та можливість інтеграції в сучасні автоматизовані системи керування.

Найбільш поширеними є рішення компаній Endress+Hauser [7], Siemens та WİKA.

З метою вибору найбільш придатного приладу було проведено порівняльний аналіз технічних характеристик датчиків температури провідних світових виробників.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Порівняльна характеристика датчиків температури

Характеристика	Siemens SITRANS TH320	Endress+Hauser iTEMP TMT72	WIKA TR10
Країна виробник	Німеччина	Німеччина	Німеччина
Діапазон вимірювання, °C	-200...+850	-200...+650	-196...+600
Основна похибка, %	±0,1	±0,1	±0,15
Вихідний сигнал	4–20 мА, HART	4–20 мА, HART	4–20 мА
Тип чутливого елемента	Pt100, Pt1000	Pt100, Pt1000	Pt100
Вибухозахищене виконання	Ex ia, Ex d	Ex ia, Ex d	Ex ia, Ex d
Ступінь захисту	IP67	IP66/IP67	IP65
Температура навколишнього середовища, °C	-40...+85	-40...+85	-40...+80
Цифрова діагностика	Так	Так	Ні

Проведений аналіз показує, що всі розглянуті датчики забезпечують високу точність вимірювання температури та відповідають вимогам експлуатації на вибухонебезпечних об'єктах газової промисловості. Прилади підтримують стандартний струмовий сигнал 4–20 мА, що забезпечує їх безпосереднє підключення до програмованих логічних контролерів та систем диспетчерського керування.

Датчик Siemens SITRANS TH320 характеризується широким діапазоном вимірювання, підтримкою протоколу HART та розвинутими функціями самодіагностики. Його перевагою є повна інтеграція з контролерами серії SIMATIC S7 та програмним середовищем TIA Portal.

Endress+Hauser iTEMP TMT72 забезпечує високу точність вимірювання та розширені можливості діагностики стану вимірювального каналу. Прилад широко

використовується в нафтогазовій та хімічній промисловості завдяки високій надійності та стабільності характеристик.

WIKA TR10 є надійним промисловим термоперетворювачем опору, що відзначається простотою конструкції та тривалим терміном експлуатації. Прилад ефективно працює в широкому діапазоні температур і може використовуватися в більшості промислових застосувань.

З урахуванням того, що в проєкті використовується обладнання Siemens серії SIMATIC S7-1200, для системи автоматизації технологічного процесу очищення газу доцільно обрати датчик температури Siemens SITRANS TH320. Його застосування забезпечує високу точність вимірювання, сумісність із контролером, підтримку цифрового обміну даними та спрощує інтеграцію в єдину автоматизовану систему керування технологічним процесом.

3.3.4 Електропривод

Обрано електропривод SIEMENS SKC60. Цей привід здійснює лінійне переміщення штока до 40 мм. Асинхронний двигун із напругою живлення 230 В, споживаною потужністю 20 Вт і зусиллям 2800 Н забезпечує трипозиційну постійну швидкість зворотного руху штока.

Отже, при дискретній зміні вихідного сигналу PLC у діапазоні від 0 до 24 В швидкість залишається сталою: при відкриванні — від 0 до 0,33 мм/с, а при закриванні — від 0 до 2 мм/с. Електропривод показано на рисунку 3.2.

Загальне переміщення штока становить від 0 до 40 мм. Час переміщення штока при відкриванні становить 120 с, а при закриванні — 20 с. При цьому витрата змінюється в межах від 0 до 100 м³/год.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.3 – Електропривод SIEMENS SKC60

3.4 Функціональне програмне забезпечення

Комплекс технічних засобів (КТЗ) являє собою сукупність автоматизованих пристроїв і систем, призначених для ефективного керування технологічними процесами.

До складу КТЗ входять:

- автоматизовані робочі місця (АРМ);
- комутатори промислової мережі;
- програмовані логічні контролери (PLC);
- датчики тиску, рівня, температури та перепаду тиску;
- локальна обчислювальна мережа Ethernet;
- промислова мережа PROFIBUS DP для обміну даними

Функціональні можливості операційних систем, що використовуються в автоматизації, представлені таким основним набором функцій:

- контроль інформаційної безпеки;
- забезпечення роботи інтерфейсів;
- керування сервером та засобами АРМ.

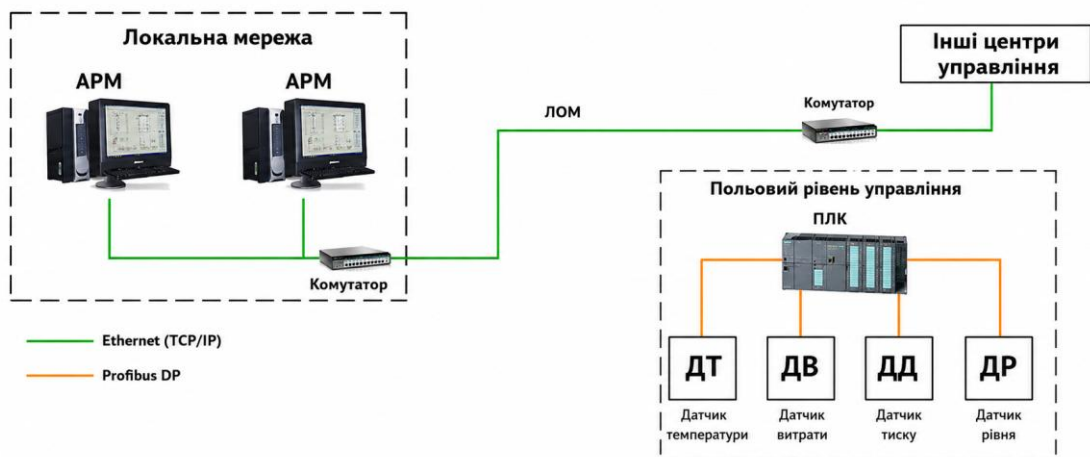


Рисунок 3.3 – Структурна схема комплексу технічних засобів

До основних функцій АРМ належать керування виконавчими пристроями, ведення архіву повідомлень і забезпечення доступу до архівних даних, відображення повідомлень про критичні значення параметрів, помилки та несправності. Крім того, до цього переліку входять візуалізація технологічного процесу, можливість друку звітів і введення даних до контролера.

Повідомлення повинні містити необхідну та достатню для оператора інформацію. У більшості випадків вони включають задані та виміряні значення, час і дату, умовне позначення датчика (його місце розташування у технологічному процесі). За бажанням замовника ці повідомлення можуть бути поділені на групи.

Відображення технологічного процесу на екрані включає:

- відображення значень вимірюваних параметрів біля кожного датчика, а також станів дискретних величин;
- спрощені графічні зображення технологічних елементів, датчиків та виконавчих механізмів із відображенням їх поточного стану;
- виведення іншої необхідної інформації, узгодженої із замовником.

Друк звітної документації може виконуватися автоматично із заданою періодичністю або безпосередньо оператором чи диспетчером у ручному режимі.

Можливість введення даних у контролер передбачає встановлення необхідних уставок.

3.5 Інформаційне забезпечення

На рисунку 3.4 наведено схему інформаційних потоків, яка демонструє багаторівневу структуру системи. На першому рівні розташовані виконавчі механізми та датчики. Інформація про стан обладнання та результати вимірювань передається з нижнього рівня на середній рівень. Одночасно відбувається передавання технологічних даних. У зворотному напрямку, із середнього рівня до виконавчих пристроїв, надходять керуючі команди.

Схема інформаційних потоків відображає ієрархічну структуру системи. На нижньому рівні знаходяться виконавчі механізми та датчики, які передають інформацію про свій стан і результати вимірювань на середній рівень.

Також із нижнього рівня передаються технологічні дані. Середній рівень, своєю чергою, формує та надсилає команди керування виконавчим пристроям.

На середньому рівні системи PLC передає перетворені інформаційні потоки до автоматизованого робочого місця оператора. АРМ оператора приймає та відображає отриману інформацію. З АРМ надходять команди керування, які передаються назад на середній рівень. Також на АРМ здійснюється реєстрація дій оператора у вигляді журналів подій.

Крім того, PLC надсилає перетворені інформаційні потоки на сервер бази даних. На сервері вся отримана інформація структурується та зберігається. Доступ до даних здійснюється з АРМ диспетчера та виробничо-диспетчерської служби за допомогою SQL-запитів.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

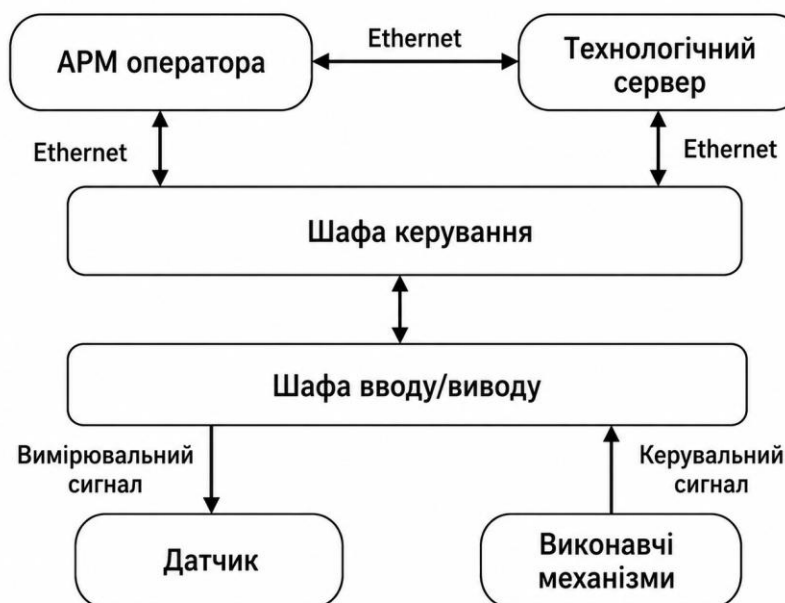


Рисунок 3.4 – Схема інформаційних потоків

3.6 Розроблення алгоритму збору даних

У процесі функціонування системи алгоритми обробляють команди оператора, сигнали про зміну технологічних параметрів, що надходять від пристроїв введення-виведення, та формують керуючі впливи на виконавчі механізми.

Для кожного виконавчого механізму алгоритми розробляються з урахуванням особливостей його підключення до пристроїв введення-виведення та живлення, а також функціональних завдань, які він виконує. Під час розроблення алгоритмів враховуються можливі блокування, тривалість виконання кожного етапу та виникнення відмов.

Для відображення сигналізації стану параметрів на екрані операторської станції використовується зміна кольору:

- зелений — нормальний стан параметра або обладнання;
- жовтий — попереджувальна сигналізація;
- червоний — аварійна сигналізація.

Контроль стану датчика-перетворювача є основним методом перевірки достовірності даних. Така перевірка включає контроль значення параметра в межах

допустимого діапазону та перевірку наявності зв'язку з датчиком. Після цього здійснюється перевірка відповідності отриманих показників заданим параметрам.

Для забезпечення сумісності з іншими мережами використовуються міжнародні стандарти організації мереж передавання та обміну даними. До таких стандартів належать Modbus RTU, RS-485, Ethernet, а також стандарт мов програмування PLC IEC 61131-3.

Алгоритми являють собою сукупність взаємопов'язаних модулів, що відображаються у вигляді блок-схем із використанням умовних позначен. У блок-схемі алгоритму немає необхідності показувати загальний цикл, оскільки сам алгоритм функціонує циклічно.

Окрім перевірки стану датчика-перетворювача, під час контролю достовірності даних необхідно враховувати такі аспекти:

- перевірка цілісності сигналу: необхідно переконатися, що сигнал від датчика не спотворений і не пошкоджений. Це може включати контроль контрольної суми, перевірку наявності шумів або перешкод;
- перевірка часу реакції: для окремих застосувань важливо контролювати час реакції датчика-перетворювача. Це може включати перевірку затримки між зміною параметра та отриманням відповідного сигналу;
- перевірка діапазону: датчики мають визначений робочий діапазон, у межах якого забезпечується коректне вимірювання. Контроль знаходження параметра в цьому діапазоні є важливою складовою перевірки достовірності даних;
- перевірка калібрування: регулярна перевірка калібрування датчика дозволяє забезпечити його точність і надійність. За необхідності проводиться коригування показань;
- перевірка зв'язку: крім факту наявності зв'язку, необхідно контролювати його стабільність та відсутність втрат даних під час передавання між датчиком і контролером;

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перевірка електричної ізоляції: для забезпечення безпеки та надійності роботи системи необхідно контролювати стан електричної ізоляції датчика. Це дозволяє своєчасно виявляти короткі замикання та витoki струму.

Урахування зазначених аспектів дозволяє забезпечити повний контроль достовірності даних і надійну роботу системи автоматизації.

Схема, наведена на рисунку 2.8, являє собою блок-схему збору даних у сепараторі. У ній відображено датчик рівня та рівень середовища в сепараторі. одавши пакет збору даних та інформаційний блок до алгоритму, формується дана блок-схема.

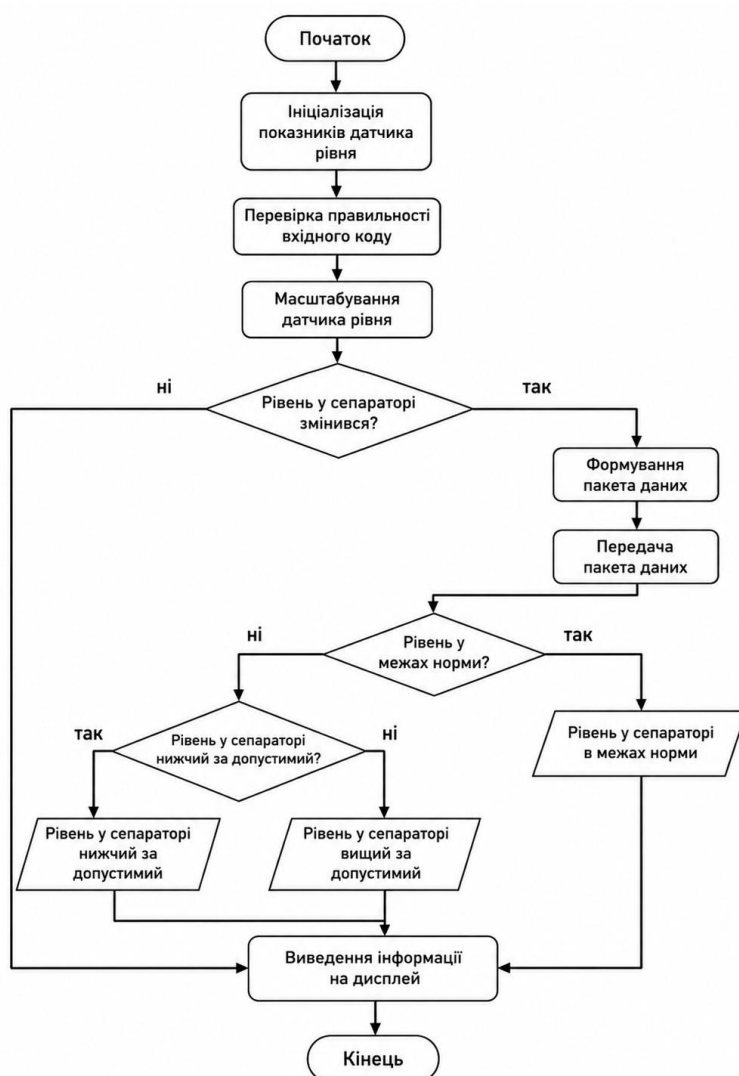


Рисунок 3.5 – Блок-схема збору даних

Висновки до розділу

У даному розділі було виконано розроблення проєктної складової системи автоматичного керування технологічним процесом очищення природного газу. На основі проведеного аналізу технологічного процесу розроблено функціональну схему автоматизації, яка відображає взаємозв'язки між засобами вимірювання, виконавчими механізмами, програмованим логічним контролером та операторською станцією. Розроблена схема забезпечує реалізацію функцій контролю, регулювання, сигналізації та диспетчеризації технологічних параметрів.

Проведено обґрунтування вибору програмованого логічного контролера для реалізації алгоритмів керування. На основі порівняльного аналізу сучасних засобів автоматизації обрано контролер SIMATIC S7-1200, який характеризується високою надійністю, достатньою продуктивністю, підтримкою промислових мереж та можливістю реалізації складних алгоритмів автоматичного регулювання.

Виконано вибір технічних засобів нижнього рівня автоматизації, зокрема датчиків тиску, температури та рівня, а також електроприводів виконавчих механізмів. Обране обладнання відповідає вимогам технологічного процесу, забезпечує необхідну точність вимірювань, має вибухозахищене виконання та може експлуатуватися в умовах компресорної станції. Особливу увагу приділено використанню сучасних засобів автоматизації провідних світових виробників, що забезпечують високу надійність роботи та можливість інтеграції до єдиної системи керування.

Розроблено функціональне програмне забезпечення системи автоматизації, яке реалізує алгоритми збору, обробки та передачі технологічної інформації, а також функції автоматичного регулювання та сигналізації. Для побудови алгоритмів керування використано стандартні функціональні блоки системи автоматизації, що забезпечують ефективну реалізацію логічних операцій, обробку аналогових сигналів і підтримання заданих параметрів технологічного процесу.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сформовано інформаційне забезпечення системи, яке включає структуру технологічних даних, параметри контролю та регулювання, а також інформаційні зв'язки між елементами системи автоматизації. Це дозволяє забезпечити оперативне отримання інформації про стан технологічного обладнання та своєчасне реагування на можливі відхилення від нормального режиму роботи.

Також розроблено алгоритм збору даних, який забезпечує безперервний моніторинг технологічних параметрів, їх первинну обробку, передачу до контролера та подальше відображення на операторській станції. Реалізація даного алгоритму підвищує ефективність керування технологічним процесом, сприяє зниженню впливу людського фактора та забезпечує своєчасне виявлення аварійних ситуацій.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі виконано розроблення системи автоматизації технологічного процесу очищення природного газу на компресорній станції. Проведено комплексний аналіз технологічного процесу підготовки та очищення газу, досліджено особливості функціонування компресорних станцій, а також визначено основні параметри, що підлягають контролю та регулюванню в процесі експлуатації технологічного обладнання.

У результаті аналізу існуючих методів підготовки газу розглянуто абсорбційний, адсорбційний, низькотемпературної конденсації та низькотемпературної сепарації способи очищення. Встановлено, що ефективне очищення природного газу від механічних домішок, вологи та конденсату є необхідною умовою забезпечення надійної роботи компресорного обладнання, трубопровідних систем і споживачів природного газу.

На основі проведеного дослідження визначено функції та завдання автоматизованої системи керування вузлом очищення газу, сформульовано вимоги до системи автоматизації та виконано постановку задачі керування. Визначено перелік основних контрольованих параметрів технологічного процесу, до яких належать тиск, температура, витрата та рівень робочого середовища.

У роботі розроблено математичну модель об'єкта керування та виконано синтез автоматичної системи регулювання. Для реалізації керування використано PID-регулятор, параметри якого визначено за допомогою програмного середовища MATLAB Simulink. Результати моделювання показали, що розроблена система забезпечує стійкий характер перехідного процесу, відсутність статичної похибки та задовільні показники якості регулювання. Перерегулювання становить близько 18 %, а час встановлення процесу не перевищує 13 с, що відповідає вимогам до систем керування технологічними процесами газової промисловості.

У межах проєктної частини розроблено функціональну схему автоматизації технологічного процесу очищення газу. Для реалізації системи керування обрано

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200, який забезпечує необхідну продуктивність, підтримує сучасні мережеві технології та має вбудовані засоби реалізації алгоритмів автоматичного регулювання.

Виконано вибір технічних засобів автоматизації, зокрема датчиків тиску, температури та рівня, а також виконавчих механізмів і допоміжного обладнання. Для підвищення надійності та відповідності сучасним вимогам промислової автоматизації обрано обладнання провідних світових виробників, яке забезпечує високу точність вимірювання, вибухозахищене виконання та сумісність із програмно-технічними засобами системи керування.

Розроблено функціональне програмне забезпечення системи автоматизації та алгоритм збору технологічних даних, що забезпечують безперервний моніторинг стану обладнання, оперативне реагування на зміну параметрів процесу та своєчасне виявлення аварійних ситуацій. Запропоновані рішення дозволяють підвищити ефективність роботи компресорної станції, зменшити вплив людського фактора та покращити безпеку експлуатації технологічного обладнання.

.

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Пономарьов Ю. В. Автоматизація управління ГТС: стан та перспективи розвитку // Нафтогазова галузь України. URL: <https://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/321/3/5190p.pdf> (дата звернення: 15.04.2026).
2. Чекурін В. Ф., Пономарьов Ю. В., Притула М. Г., Химко О. М. Підхід до автоматизації управління газотранспортною системою України. URL: <https://patonpublishinghouse.com/tdnk/pdf/2020/pdfarticles/04/5.pdf> (дата звернення: 15.04.2026).
3. MATLAB & Simulink. PID Controller Design and Tuning. URL: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html> (дата звернення: 05.05.2026).
4. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Programmable Controller. URL: <https://www.siemens.com/s7-1200> (дата звернення: 31.05.2026).
5. Siemens AG. Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal). URL: <https://www.siemens.com/tia-portal> (дата звернення: 31.05.2026).
6. Emerson Automation Solutions. Rosemount Pressure Measurement Products. URL: <https://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/pressure-measurement> (дата звернення: 31.05..2026).
7. Endress+Hauser. Process Automation Instrumentation and Solutions. URL: <https://www.endress.com> (дата звернення: 31.05.2026).

					БР.АКП-3.00.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		