

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С»

Здобувача групи СУдн-91с

Степаненка Максима Віталійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Максим СТЕПАНЕНКО

(підпис)

Керівник к.т.н., доцент Олександр ЖУРАВЛЬОВ _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри КСУ

_____ П.В. Леонтєв
_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Степаненко Максим Віталійович
(Прізвище, Ім'я, По-батькові повністю)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С, затверджена наказом ректора СумДУ № 0314-VI від « 31 » березня 2023 р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 31 " травня 2023 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація тощо
4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):
аналіз предметної області, автоматизація газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С, вибір засобів автоматизації, розробка SCADA
5. Перелік графічних матеріалів:31 рисунок, 8 таблиць, 3 додатки
6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	01.05.23 - 03.05.23
2	Аналіз предметної області. Область застосування.	04.05.23 - 08.05.23
3	Розробка автоматизації газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С.	09.05.23 - 11.05.23
4	Розробка основних схем автоматизації.	12.05.23 - 18.05.23
5	Створення SCADA системи.	19.05.23 - 24.05.23
6	Оформлення кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр та супровідної документації	25.05.23 - 31.05.23

7. Дата видачі завдання " _____ " лютого 2023 р.

Керівник проекту:

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

Журавльов О.Ю.
(прізвище, ініціали)

Здобувач:

студент гр. СУдн-91с
(шифр групи)

(підпис)

Степаненко М.В.
(прізвище, ініціали)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизації газоперекачувальної станції
з агрегатами Ц-16С

Розробник:
студент групи СУдн-91с

Максим СТЕПАНЕНКО

Погоджено:
посада,
к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

1. **Назва і галузь застосування:** Автоматизація газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С; газотранспортна галузь.

2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0314-VI від «31» березня 2023 р.

3. **Загальний опис об'єкта автоматизації:**

- a) для транспортування газу від родовищ до кінцевих споживачів необхідно підтримувати сталий тиск газу, для цього на маршруті газопроводу встановлюються газоперекачувальні станції.

4. **Основні частини системи та структурна схема:**

- a) система охолодження головного двигуна;
b) ГПА (блок підігріву та блок перекачування газу);
c) блоки фільтрації та осушки газу;

5. **Опис блоків системи керування :**

- a) блок системи моніторингу стану ГПС:
ПЛК отримує інформацію з датчика температури головного електродвигуна та за допомогою перетворювача частоти керує двигуном масляного насосу, який змінює тиск у системі охолодження, пришвидшуючи циркуляцію охолоджувальної рідини в ній. Таке керування дозволяє змінювати ступінь нагріву головного двигуна. Для визначення ймовірних проблем з системою охолодження головного двигуна, у магістраль охолоджувального мастила встановлено датчик тиску, якщо в системі зникає тиск – то або вона втратила герметичність, або не працює охолоджувальний насос. Відповідна індикація буде виведена на панель оператора;
- b) блок управління процесом осушки газу:
Процес осушки газу організований за допомогою ШІМ-регулятора. На ПЛК надходить інформація з датчика вологості перекачуваного газу. У відповідності до отриманих показників, ПЛК посилає електроімпульсні сигнали на ШІМ-регулятор та, відповідно, керує двигуном насосу системи охолодження, який, в свою чергу, змінює чинники відстежуваного параметра – вологості газу;
- c) блок управління процесом підігріву газу:
для отримання оптимальної температури газу використовується датчик температури, інформація з якого надходить до ПЛК, який через ШІМ-регулятор виконує керування процесом підтримання необхідної температури газу;
- d) блок автоматизованого управління головним двигуном:
програмований логічний контролер отримує інформацію від датчиків тиску газу. Датчики встановлено на вході та виході, і на основі їхніх диференціальних показів ПЛК розраховує необхідність зміни впливу на двигун головного насосу. Далі ПЛК надсилає електросигнали на перетворювач частоти, який керує головним двигуном насосу процесу перекачування газу. Температурний стан головного двигуна, щоб подовжити строк його служби, відслідковується у контурі моніторингу стану системи.

6. **Опис алгоритмів та режимів роботи системи:**

Газ подається через магістральний вхідний газопровід, попадає в систему фільтрації, потім поступає в систему осушки, осушка виконується на основі показників датчика вологості, при досягненні нижнього порогу вологості вмикається осушувач, а при досягненні верхнього порогу – вимикається; після цього газ поступає в ГПА, спочатку газ підігрівається на основі показань датчика температури, після чого відбувається підвищення тиску перекачувального газу на основі диференціальних показників двох датчиків на вході та виході. Для виконання контролю стану двигуна передбачена система охолодження головного двигуна, контролюється температура та тиск охолоджувальної рідини, на основі показників цих датчиків здійснюється управління двигуном насосу перекачування охолоджувальної рідини. Аварійний стан відображується на панелі оператора, якщо зникає тиск в системі, а показники температури та іскроутворення відстежується на вході та на виході з системи. Інформація про параметри, отримані з датчиків, а також – про стан функціонування виконавчих механізмів відображається на панелі

оператора. Інформація про аварійні ситуації також виводиться на панель оператора. Оператор має змогу в ручному режимі задавати бажані параметри регулювання, а при спробі внесення небезпечних параметрів – система їх блокує.

7. Умови експлуатації системи керування:

- а) взаємодія з агресивними середовищами: агресивні гази, емульсія, пил та ін.;
- б) сейсмічна активність до 5 балів;
- в) довколишня температура від – 40 до +50 ° С;
- г) атмосферний тиск 80 – 112 кПа.

8. Технічні вимоги: автоматизація газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С має бути надійною, швидкодіюною, точною, забезпечувати безпечну експлуатацію і монтажні роботи, зручною в управлінні і має підтримувати задані параметри за тиском, температурою та рівнем в об'єкті ж) перетворювачі сигналів

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	01.05.23 - 03.05.23
2	Аналіз предметної області. Область застосування.	04.05.23 - 08.05.23
3	Вдосконалення системи автоматизованого керування станції рекуперації етилацетату	09.05.23 - 11.05.23
4	Розробка основних схем автоматизації.	12.05.23 - 18.05.23
5	Розробка SCADA системи	19.05.23 - 24.05.23
6	Оформлення кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр та супровідної документації	25.05.23 - 31.05.23

10. Додатки:

Додаток А. Схема інформаційно-матеріальних потоків

- Судн-91с 6.151.01 С1 Схема інформаційно-матеріальних потоків.

Додаток Б. Конструкторська документація:

- Судн-91с 6.151.01 А2 Функціональна схема системи автоматизації ГПА-Ц-16С.

Додаток В. Схема електрична принципова

- Судн-91с 6.151.01 Е3 Схема електрична принципова.

АНОТАЦІЯ

Степаненко Максим Віталійович. Автоматизація газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С. Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр. Сумський державний університет. Суми, 2023 рік.

Система автоматизації розроблена на базі ПЛК Siemens SIMANTICS7-400.

Проект містить 61 аркуш пояснювальної записки, в яку входить 31 рисунок, 8 таблиць, 2 креслення, та 22 джерела інформації.

Проведено технічний аналіз процесу газоперекачування. В результаті аналізу виконано автоматизацію газоперекачувальної станції оснащеної агрегатом Ц-16. У пояснювальній записці представлено короткий опис технологічного процесу, контури керування та інформаційні контури газоперекачувальної станції, та підібрані необхідні засоби автоматизації для даної системи. Для розробки автоматизованої системи керування використовується головний контролер SiemensSIMATICS7-400. Головний насос – ЦГ 50/50 К-15-1. Перетворювач частоти: Danfoss VLT HVAC Drive FC-34. Ключові слова: газоперекачувальна станція, датчики, частотний перетворювач, агрегат Ц-16, газотранспортування, програмований логічний контролер, панель управління, виконуючі механізми, сигнальні модулі, програмне забезпечення, система управління, функціональна схема автоматизації.

ABSTRACT

Maksym Vitaliyovych Stepanenko. Automation of the gas pumping station with Ts-16S units. Explanatory note to the qualifying work for obtaining a bachelor's degree. Sumy State University. Sumy, 2023.

The automation system is developed on the basis of Siemens SIMANTICS7-400 PLC.

The project contains 61 sheets of explanatory note, which includes 31 figures, 8 tables, 2 drawings, and 22 sources of information.

A technical analysis of the gas pumping process was carried out. As a result of the analysis, the gas pumping station equipped with the Ts-16 unit was automated. The explanatory note presents a brief description of the technological process, control circuits and information circuits of the gas pumping station, and selected necessary automation tools for this system. The main controller SiemensSIMATICS7-400 is used to develop an automated control system. The main pump is CG 50/50 K-15-1. Frequency converter: Danfoss VLT HVAC Drive FC-34. Keywords: gas pumping station, sensors, frequency converter, Ts-16 unit, gas transportation, programmable logic controller, control panel, executive mechanisms, signal modules, software, control system, functional automation scheme.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр
Автоматизація газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С

Керівник проекту:

к.т.н., доцент

Журавльов О.Ю.

Виконав:

студент групи СУдн-91с

Степаненко М.В.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Основні відомості про магістральний газопровід	7
1.1.1 Компресорні станції	8
1.2. Призначення та опис компресорної станції	8
1.3. Компонування компресорних станцій з поршнеvim ГПА	12
1.4. Режим роботи компресорної станції з поршневими газоперекачуючими агрегатами та схеми підключення ГПА	13
1.5. Технологічна та функціональна схема компресорної станції з поршневими газоперекачуючими агрегатами	15
1.6. Опис, склад технологічного процесу і схеми ГПА-Ц-16С	17
1.6.1 Газоперекачувальний агрегат	17
1.6.2 Склад ГПА-Ц-16С	20
1.6.3 Технологічна схема роботи ГПА-Ц-16С	23
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ГАЗОПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРИВ	27
2.1. Постановка задач автоматизації	27
2.2. Особливості режимів паралельної роботи низки газоперекачувальних агрегатів	27
2.2.1 Загальний вид розв'язання задачі пошуку оптимального режиму спільної паралельної роботи низки ГПА	31
2.2.2 Розгляд випадку спільної роботи двох ГПА одного типу	32
2.2.3 Розгляд випадку спільної роботи двох ГПА різного типу	34
2.2.4 Найпростіший спосіб визначення оптимального режиму спільної роботи ГПА	35
2.3. Висновки щодо розрахунків перерозподілу навантаження	37
2.4. Автоматизована система керування технологічними процесами	37
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОЮ СТАНЦІЄЮ	42
3.1. Вибір та обґрунтування технічних засобів	42

					<i>СУдн-91с.6.151.01.ДП</i>							
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив	Степаненко М.В.				Автоматизація газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С			Лит.	Арк.	Листів		
Перевірів	Журавльов О.Ю.							Т	2	61		
Реценз.								<i>СумДУ, СУдн-91с</i>				
Н. Контр.												
Затвердив												

3.2 Критерії вибору мікроконтролера	43
3.3 Обґрунтування вибору мікроконтролера.....	44
3.3.1 Контролери <i>SiemensSIMATICS7-400</i>	44
3.3.2 Контролери <i>ABBAC 800M</i>	46
3.3.3 Контролери <i>ICPDASWinCon</i>	47
3.4 Порівняльний аналіз програмованих контролерів	49
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ В SCADA – СИСТЕМІ.....	51
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
ДОДАТКИ	58
Додаток А Схема інформаційно-матеріальних потоків	58
Додаток Б Функціональна схема автоматизації.....	59
Додаток В Схема електрична принципова	60

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ – автоматизована система управління;

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПЗО – прилад зв'язку з об'єктом;

АРМ – автоматизоване робоче місце;

ЕОМ – електронно обчислювальна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

МК – мікроконтролер;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – промисловий комп'ютер;

ПУ – панель управління;

ГПС – газоперекачувальна станція;

ГПА-Ц-16С – газоперекачувальна станція з агрегатами Ц-16.С

					СУдн-91с.6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

ВСТУП

Україна має багату історію видобутку нафти та газу. Наша країна має значні ресурси, включаючи нафтогазові запаси. Три регіони України мають значні запаси газу: Карпатський, Причорноморсько-Кримський та Дніпровсько-Донецький. Сучасні газодобувні підприємства складаються з комплексу технологічних об'єктів, розташованих на великих площах. Видобуток газу відбувається цілодобово, а для нормального функціонування газодобувного підприємства необхідно забезпечити надійну роботу автоматизованого обладнання.

Одним з ключових елементів у системі транспорту газу є дотискна компресорна станція (ДКС), яка забезпечує необхідний тиск газу перед технологічними цехами осушення установки комплексної підготовки газу (УКПГ) та міжпромисловий транспорт газу з необхідним тиском до головних компресорних станцій магістральних газопроводів. Газоперекачувальна станція є компресором, що приводиться в рух газовою турбіною. Компресор як об'єкт автоматичного управління входить до класу потенційно небезпечних об'єктів.

Одним з елементів автоматичної системи управління (АСУ) газотранспортного підприємства є система автоматичного регулювання (САР) режимами роботи компресорних цехів (КЦ), яка може працювати автономно на першому етапі впровадження АСУ, підтримуючи задані параметри та забезпечуючи якість процесу перекачування газу.

Створення системи автоматичного регулювання (САР) режимів роботи компресорних цехів (КЦ) є необхідним через особливості технологічного процесу перекачування газу. Це включає змінний режим роботи компресорних цехів, високі вимоги до точності підтримки заданих параметрів регулювання та необхідність підтримання певного співвідношення режимів роботи окремих агрегатів. Впровадження САР дозволяє звільнити від постійного контролю за режимними параметрами КЦ та знизити обсяг оперативної інформації, що циркулює каналами зв'язку.

Для підвищення ефективності газотранспортування необхідно підвищити технологічні можливості газотранспортувального обладнання, модернізувати та автоматизувати енергоємне обладнання. Автоматизація газоперекачувальної станції може не тільки осучаснити обладнання, але й збільшити продуктивність і продовжити термін служби за рахунок вибору правильних режимів роботи агрегатів.

Об'єкт дослідження: газоперекачувальна станція з агрегатами Ц-16С.

Предмет дослідження: засоби і методи автоматизованого керування газоперекачувальною станцією з агрегатами Ц-16С.

Мета дослідження: Розробити автоматизовану систему моніторингу режимів роботи газопоршневих компресорів у SCADA – системі для підвищення надійності роботи

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

газоперекачувальних агрегатів за даними моніторингу та за рахунок збільшення достовірності та ефективності використання комплексних параметрів.

У відповідності до предмету дослідження і поставленої мети роботи нами були поставлені та вирішені наступні задачі:

1. Проведено передпроектне дослідження, зібрана та проаналізована інформація по газоперекачувальній станції з агрегатами Ц-16С;
2. Розроблено концепцію автоматизованої системи керування станцією;
3. У відповідності з функціональними вимогами підбрано необхідне апаратно – програмне забезпечення.

					СУдн-91с.6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Основні відомості про магістральний газопровід

Магістральний газопровід – це трубопровід, який транспортує газ з регіону видобування та виробництва до регіону споживання, а також з'єднує окремі газові родовища. Відгалуження від магістрального газопроводу – це трубопровід, що безпосередньо приєднаний до магістрального та призначений для відведення частки газу до окремих віддалених населених пунктів і промислових підприємств.

Після процесів очищення та осушення газу на головних спорудах, він поступає у магістральний газопровід. Магістральний газопровід може складатися з постійного або змінного діаметру. У деяких випадках він складається з двох та більше газопроводів, прокладених по одному маршруту паралельно.

Залежно від робочого тиску встановлюють два класи магістральних газопроводів:

- 2,5 – 10 МПа;
- 1,2 - 2,5 МПа включно.

Газ рухається газопроводом або за допомогою пластового тиску, або за допомогою злагодженої роботи компресорних станцій, які розташовані на протязі всього газопроводу. Відстань між компресорними станціями визначається гідравлічним розрахунком і не повинна бути менше 100-150 км.[10]

Магістральний газопровід є складною інженерною спорудою, що містить в собі:

- головні споруди;
- сталевий трубопровід з відгалуженнями, запірною арматурою та лінійними спорудами;
- компресорні станції (КС);
- газорозподільні станції (ГРС);
- будинки лінійних ремонтів та аварійно-ремонтні пункти (АРП);
- пристрої лінійного та станційного зв'язку;
- пристрої катодного, протекторного та дренажного захисту;
- підземні сховища газу (ПСГ);
- допоміжні споруди.

Магістральний газопровід та його відгалуження закінчуються на газорозподільній станції (ГРС). Біля кінцевої ділянки магістрального газопроводу у споживача можуть бути розташовані підземні сховища газу, які використовуються для регулювання сезонних та добових коливань у споживанні газу.

					СУдн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1.1.1 Компресорні станції

Унаслідок гідравлічного опору в трубопроводі тиск зменшується. Тому на магістральних газопроводах будують компресорні станції, що підвищують тиск до рівня, що визначається міцністю металу труб. Це значно збільшує пропускну здатність газопроводу.

На компресорних станціях є:

- один чи кілька компресорних цехів;
- електростанція чи трансформаторна підстанція;
- система водопостачання з насосними станціями I та II підйому, циркуляційною системою охолодження компресорних агрегатів, водонапірною баштою, градирнею та резервуаром для зберігання пожежного запасу води;
- вузол далекого та внутрішнього зв'язку;
- установка по регенерації масел зі складом паливно-мастильних речовин;
- котельня;
- механічна майстерня;
- встановлення масляних пиловловлювачів;
- приймальні та нагнітальні колектори газу з відключаючою арматурою;
- автотранспортний парк та матеріальний склад.

1.2. Призначення та опис компресорної станції

Більшість родовищ газу розташовані далеко від основних споживачів. Газ доставляється до них через магістральні газопроводи різного діаметра. При переміщенні газу через гідравлічні опори в трубопроводі тиск знижується, що зменшує пропускну здатність газопроводу. Тому транспортування газ на великі відстані неможливе тільки за рахунок природного пластового тиску. Для підтримки заданої витрати газу та підвищення тиску вздовж траси газопроводу через певні відстані встановлюються компресорні станції. Перепад тиску на ділянці між компресорними станціями визначає ступінь підвищення тиску в газоперекачувальних агрегатах. Тиск газу на кінцевому етапі дорівнює тиску на вході в агрегат, а тиск на початковому етапі дорівнює тиску на виход.

Лінійна компресорна станція забезпечує розрахункову пропускну здатність магістральних газопроводів шляхом підвищення тиску газу за допомогою різних типів газоперекачувальних агрегатів. Компресорна станція складається з компресорних цехів та допоміжних систем і служб. До допоміжних належать системи зв'язку, енерговодоснабження, зберігання паливно-мастильних матеріалів, теплопостачання, склади для зберігання матеріалів і обладнання, автогараж, адміністративно-господарські та службово-експлуатаційні приміщення та система електрозахисту об'єктів компресорної станції.

Головним технологічним об'єктом є компресорний цех з газоперекачуючими агрегатами. На

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		8

компресорній станції може бути кілька компресорних цехів з різними типами газоперекачувальних агрегатів. Зазвичай число компресорних цехів визначається числом ниток магістрального газопроводу. Компресорна станція може змінюватися в процесі експлуатації: одноцехова компресорна станція може стати багатоцеховою або поновлюватися при заміні обладнання.[1] Тип і потужність газоперекачувальних агрегатів вибираються в залежності від необхідної пропускної спроможності магістральних газопроводів. В одному компресорному цеху може бути встановлено велика кількість газоперекачувальних агрегат.

Інноваційна компресорна станція (КС) – це складна інженерна споруда, що забезпечує основні технологічні процеси з підготовки та транспортування природного газу.



Рисунок 1.1 – Компресорна станція

Компресорна станція (рис. 1.1) є невід’ємною та складовою частиною магістрального газопроводу, що забезпечує транспортування газу за допомогою енергетичного обладнання, встановленого на КС.[6] Вона виконує функцію керуючого елемента у комплексі споруд, що входять до магістрального газопроводу. Режим роботи газопроводу визначається параметрами роботи КС.

Компресорна станція складається з ряду вузлів, таких як прийом, регулювання та виміру газу, очищення газу на прийомі КС, компримування газу, охолодження газу, маслогосподарства, циркулярного водного та енергопостачання. Все основне та допоміжне

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

обладнання компресорної станції з'єднано трубопровідною мережею.[17] Обв'язка газоперекачувальних агрегатів складна і обладнана запірною, регульовальною та запобіжною арматурою.

Компресорна станція може виконувати роботу у різних режимах, залежно від потреб системи (рис. 1.2). Наприклад, при збільшенні споживання газу може бути необхідно збільшити пропускну спроможність КС шляхом пуску додаткових компресорних агрегатів. Управління роботою компресорної станції здійснюється за допомогою автоматизованих систем керування.



Рисунок 1.2 – Схема газопроводу та зміни тиску та температури газу вздовж траси

На рис. 1.3 показано принципову схему компонування основного устаткування компресорної станції, яке складається з 3 ГПА. Відповідно до цього рисунка до складу основного устаткування входить: 1 – вузол підключення КС до магістрального газопроводу; 2 – камери запуску та прийому очисного пристрою магістрального газопроводу; 3 – установка очищення технологічного газу, яка складається з пиловловлювачів та фільтр-сепараторів; 4 – встановлення охолодження технологічного газу; 5 – газоперекачувальні агрегати; 6 – технологічні трубопроводи обв'язування компресорної станції; 7 – запірна арматура технологічних трубопроводів обв'язування агрегатів; 8 – встановлення підготовки пускового та паливного газу; 9 – встановлення підготовки імпульсного газу; 10 – різне допоміжне устаткування; 11 – енергетичне устаткування; 12 – головний щит управління та система телемеханіки; 13 – обладнання електрохімічного захисту трубопроводів обв'язування КС.

Магістральні газопроводи вміщують три основні типи компресорних станцій: головні КС, лінійні КС та дотискні компресорні станції (ДКС).

Головні компресорні станції (ГКС) будуються після газового родовища і відповідають за підтримку необхідного тиску для перекачки газу магістральними газопроводами. Вони відрізняються від лінійних станцій тим, що мають більш високий ступінь стиснення, який

досягається за підтримки послідовної діяльності декількох ГПА з відцентровими нагнітачами або поршневыми газомотокомпресорами.

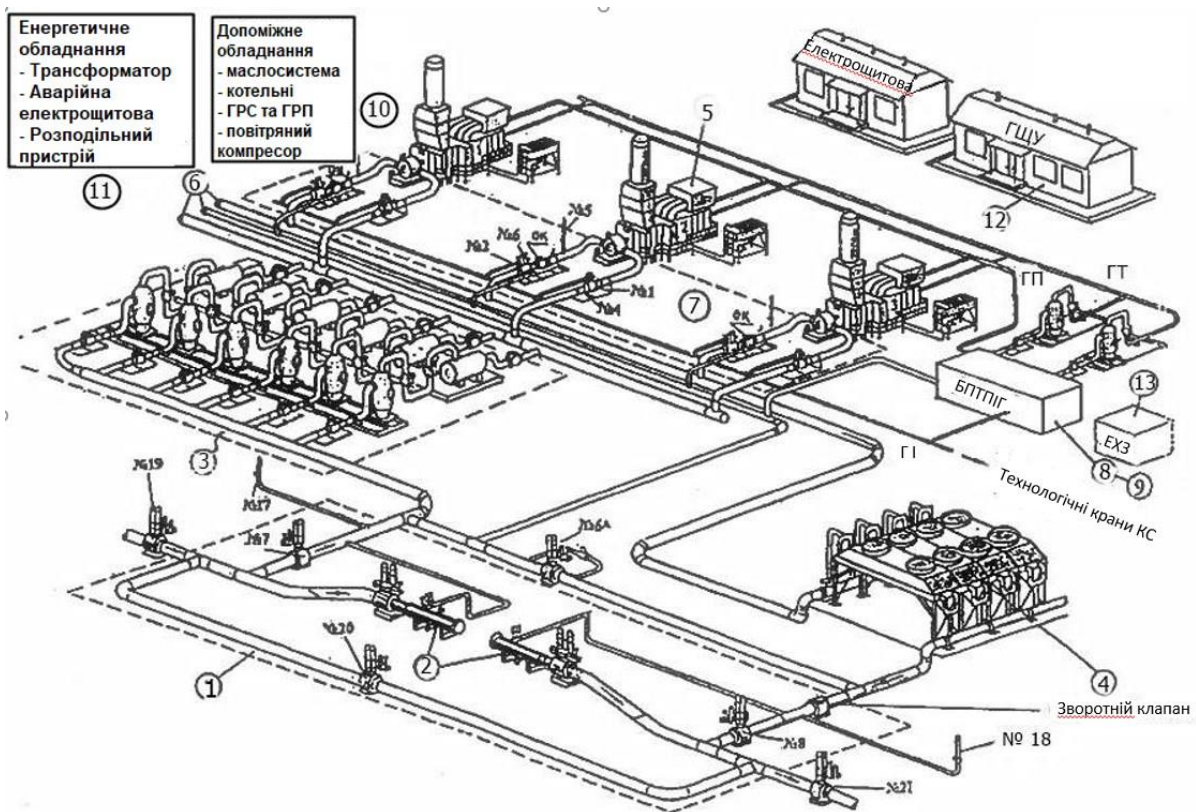


Рисунок 1.3 – Принципова схема комплектування основного устаткування компресорної станції

Лінійні компресорні станції будуються на магістральних газопроводах через кожні 100-150 км і призначені для стиску природного газу до необхідного показника.

Дотискні компресорні станції (ДКС) розташовуються на підземних сховищах газу (ПСГ) і задіяні для подачі газу до ПСГ та транспортування газу з ПСГ для подальшої подачі до магістрального газопроводу або кінцевим споживачам. ДКС також розташовуються на газових родовищах, коли пластовий тиск падає нижче тиску у магістральному трубопроводі. Особливостями ДКС є високий рівень стиснення 2-4 і поліпшена підготовка технологічного газу.

На території споживача газорозподільні станції (ГРС) будуються в тих місцях, де газ редукується до необхідного тиску перед подачею у мережі газового господарства.

Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.3. Компонування компресорних станцій з поршневим ГПА

Газоперекачувальний агрегат (ГПА) використовується для стиснення природного газу на компресорних станціях газопроводів та підземних сховищ. ГПА можуть бути різних типів: з поршневими газомоторними компресорами або з відцентровими нагнітачами; з газовим двигуном внутрішнього згоряння, з газотурбінним приводом, а також з електроприводом. ГПА з газотурбінним приводом поділяються на агрегати зі стаціонарною газотурбінною установкою та з приводами від газотурбінних двигунів авіаційного та суднового типів.

Поршневий газомоторний компресор – це ГПА, який складається з двотактного або чотиритактного газомоторного двигуна (або електродвигуна) і безпосередньо приєднаного до нього горизонтального поршневого компресора. Ці компресори поділяються на агрегати низького, середнього та високого тиску. Компресори низького тиску (0,3-2 МПа) використовуються на головних компресорних станціях для транспортування газу з виснажених родовищ та нафтового газу з промислів, в тому числі й для подачі низьконапірних штучних горючих газів. Компресори середнього тиску (2-5 МПа) використовують на проміжних компресорних станціях для підвищення пропускної спроможності газопроводів. Агрегати високого тиску (9,8-12 МПа) встановлюють на компресорних станціях для транспортування газу в підземні сховища.

Газомотокомпресори ефективні при змінних потужностях та ступенях стиснення понад 1,3. Їхніми перевагами є надійність, тривалий термін служби, здатність працювати у широкому діапазоні тисків, можливість регулювання продуктивності та створення великих тисків. Коефіцієнт корисної дії сучасних газомотокомпресорів досягає 40%.

Компресорні станції можуть експлуатуватися як з послідовно, так і з паралельно задіяними в роботі нагнітачами. При послідовному режимі кожен нагнітач має подвоєну кількість газопровідних кранів. При паралельному режимі експлуатації повно-напорних нагнітачів технологічна схема КС спрощується, оскільки газ попадає прямо до апарату повітряного охолодження (АПО), який усуває необхідність у кранах на безпечному ланцюгу і подвоєну кількість кранів на резервному нагнітачі. Варто відзначити, що газомотокомпресори мають довгий термін служби та можуть працювати до 20 000 годин без необхідності ремонту. Вони також характеризуються низьким рівнем шуму та високим коефіцієнтом корисної дії. Газомотокомпресори широко використовуються у нафтогазовій промисловості, хемосинтезі та інших галузях.

Загалом, конструктивна схема та параметри роботи ГПА визначаються його призначенням:

- транспортування газу магістральними газопроводами;
- дотискання газу на тих родовищах, що близькі до виснаження;
- перекачування газу в пласт.

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

1.4. Режим роботи компресорної станції з поршневыми газоперекачуючими агрегатами та схеми підключення ГПА

Робота компресорної установки повинна бути максимально наближеною до розрахункового режиму. Головними показниками режиму роботи компресорної станції є тиск газу на вході та виході та пропускна спроможність КС. Відхилення режиму роботи компресорної установки може бути спричинене змінами таких параметрів, як частота обертання, годинна витрата палива, середній індикаторний тиск для силової частини, а також частота обертання, годинна продуктивність, тиск газу на вході та виході та середній індикаторний тиск для компресорної частини.

Пуск газомотокомпресорів обумовлений багатьма факторами, такими як тиск пускового повітря на балонах, чистота трубопроводів пускового повітря, справність систем пуску, запалення та живлення паливом, температура води у системі охолодження, температура мастила, справність автоматики та кваліфікація персоналу, який обслуговує агрегати.[16] При пуску ГМК необхідно переконатися, що у колекторах немає тиску газу і перед подачею палива в силові циліндри їх необхідно продути для усунення вибухонебезпечної суміші. Для гарантування надійного та безперебійного пуску ГМК необхідно:

- підігрівати агрегат перед пуском циркуляції води в системі охолодження;
- підігрівати мастило;
- підтримувати у балонах пускового повітря необхідний тиск (1,7 МПа).

Під час згоряння палива в циліндрах двигуна виділяється велика кількість тепла через тертя деталей. Це тепло необхідно відводити за допомогою спеціально сконструюваної системи охолодження, яка забезпечує відведення тепла від деталей та вузлів, охолодження мастила та газу, що стискається в ГМК.

Мастило у газомотокомпресорах використовується для зменшення тертя між тими деталями, що труться, а також для відведення надлишкового тепла. Надійність і довговічність вузлів залежать від правильної роботи системи змащування.

Система живлення паливом ГМК складається з:

- елементів газопостачання, установок, приладів регулювання та контролю стану газу в системі живлення;
- установок, вузлів та приладів для приготування та подачі газоподібної горючої суміші в циліндрах.

Система живлення повинна задовольняти наступним вимогам:

- подача палива та його перемішування з повітрям до кінця стиснення повинні забезпечувати створення однорідної газоповітряної суміші по всьому об'єму камери згоряння;
- кількість палива, що поступає у циліндри за кожен цикл, має відповідати кількості повітря, яке заповнює циліндр;

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

- кількість газоповітряної суміші, яка поступає у різні циліндри агрегату на протязі усього періоду роботи в даному режимі, повинна бути рівномірною за величиною та складом;
- при зміні навантаження подача необхідної кількості палива повинна змінюватись автоматично.

Під час експлуатації компресорних установок можна зустріти різні схеми з'єднання агрегатів: паралельне, послідовне та комбіноване (рис. 1.4).

Паралельне використання компресорів дозволяє збільшити обсяг газу в системі та зменшити резерв компресорної станції. Компресори різних типів можуть працювати паралельно, але найбільш ефективною є робота однакових компресорів з однаковими напірними характеристиками. При паралельному режимі роботи необхідно прагнути до максимального ККД, регулюючи кількість працюючих машин або використовуючи компресори з регульованою частотою обертання.

Послідовне з'єднання використовується для підвищення тиску. Компресори розташовуються на певній відстані один від одного або безпосередньо один за одним. Зазвичай послідовно включаються однакові компресори, але іноді можна застосувати послідовне з'єднання поршневого та відцентрового компресорів.

Комбінована схема з'єднання використовується у системах, де потребуються значні зміни продуктивності та тиску.

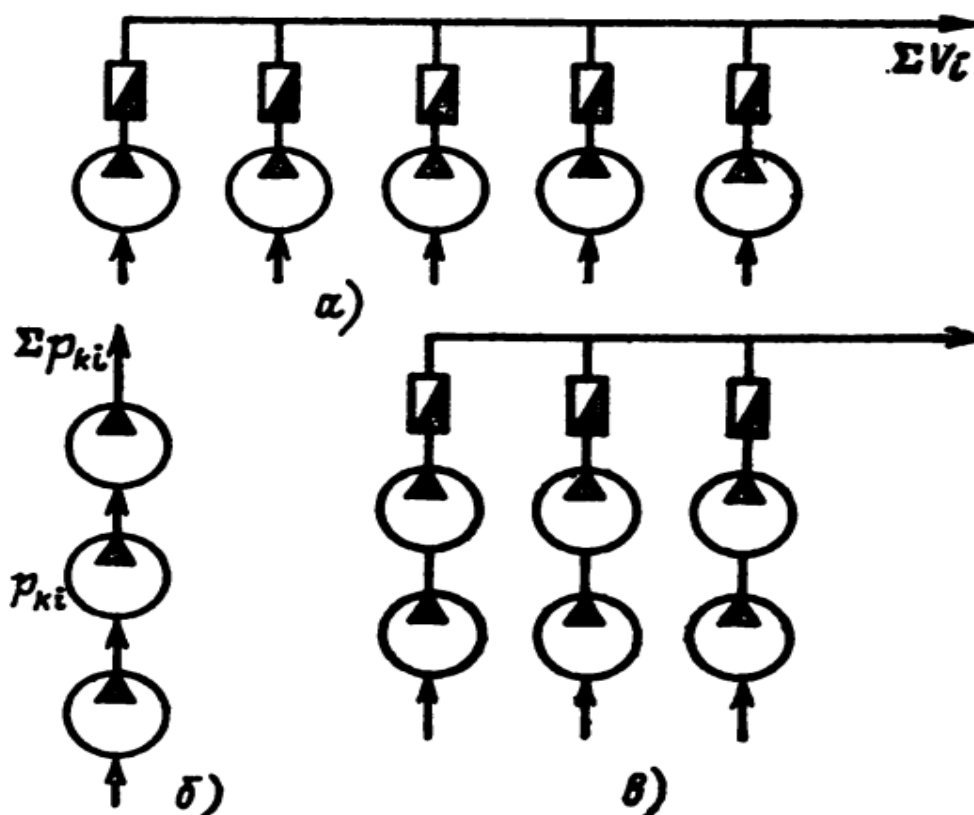


Рисунок 1.4 – Схеми включення агрегатів до системи: а) – паралельне; б) – послідовне; в) – комбіноване

1.5. Технологічна та функціональна схема компресорної станції з поршневими газоперекачуючими агрегатами

Технологічна схема КС залежить від типу устаткування, кількості паралельно чи послідовно працюючих груп агрегатів та пропускної спроможності магістрального газопроводу. В той же час, незалежно від основного устаткування, технологічна схема компресорних станцій складається з таких вузлів: прийому, регулювання та виміру газу, очищення газу на прийомі КС, компримування газу, охолодження газу, маслогосподарства, циркулярного водного та енергетичного постачання.

Все головне та допоміжне устаткування компресорної станції з'єднано трубопровідною мережею. Обв'язка газоперекачувальних агрегатів складна і насичена запірною, регульовальною та запобіжною арматурою.

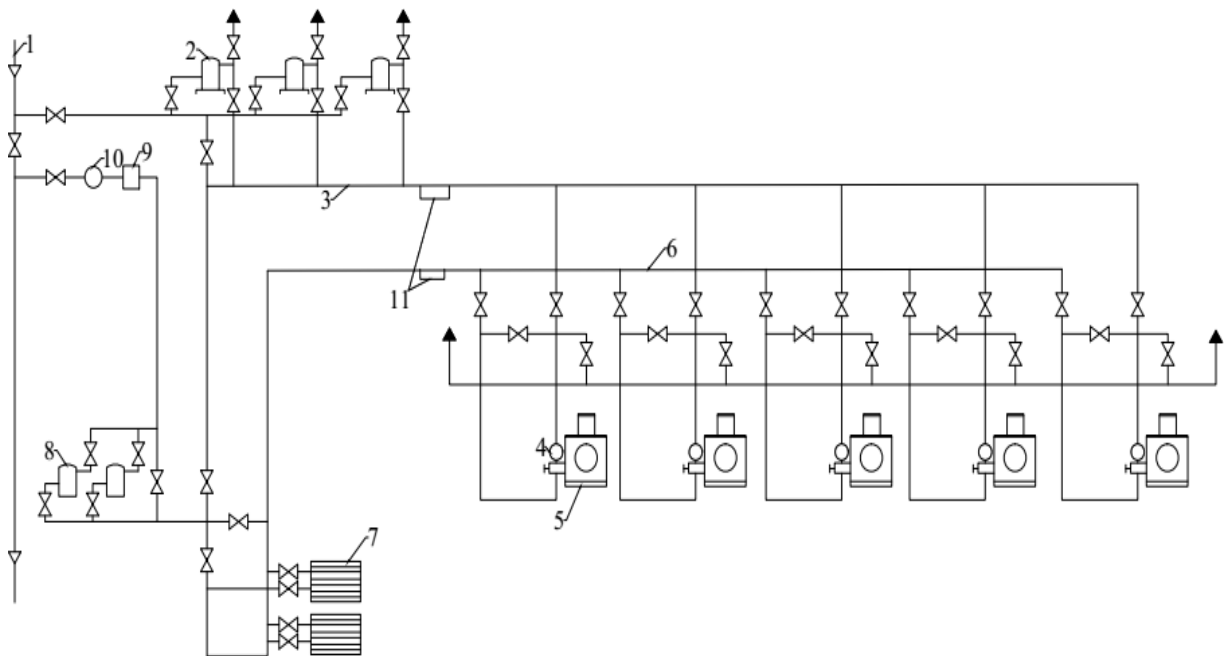


Рисунок 1.5 – Технологічна схема компресорної станції, обладнаної поршневими газомоторними компресорами: 1 – магістральний газопровід; 2 – пиловловлювачі; 3 – колектор; 4 – всмоктуючий колектор; 5 – газомотокомпресори; 6 – нагнітальний колектор; 7 – охолоджувачі газу; 8 – осушення газу; 9 – одоризація; 10 – встановлення виміру кількості газу; 11 – маслоуловлювачі

На рис. 1.5 наведено технологічну схему газоконпресорної станції, обладнаної газомоторними компресорами одноступеневого стиснення. Схемою передбачаються такі основні операції:

- газ газопроводу 1 проходить пиловловлювачі 2 і в очищеному вигляді по трубопроводу надходить у всмоктуючий колектор 4;

- після стиснення компресорами 5 стиснутий газ при необхідності надходить в охолоджувачі газу 6 або минаючи їх в установку для осушення газу 8;
- сухий газ надходить в установку для одоризації 9, потім в установку вимірювання кількості газу 10 і далі – в магістральний газопровід;
- встановлені на нагнітальному колекторі маслоуловлювачі 11 уловлюють частину масла, що відноситься газом з пиловловлювачів і компресорних машин.

Одноступеневе стискування на КС характеризується паралельним підключенням всіх компресорів до всмоктуючих і нагнітальних колекторів, що дозволяє вивести кожен з них в резерв.

Залежно від типу компресорів, газокompресорні станції на магістральних газопроводах поділяються на газомоторні, газотурбінні та електроприводні. За кількістю ступенів стиснення вони поділяються на одноступеневі та багатоступеневі.

Кожен тип компресорних станцій має свої переваги та недоліки. Газомоторні станції характеризуються наявністю високої ефективності та надійності, але можуть потребувати великих капіталовкладень. Газотурбінні станції характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії та швидким часом пуску, але вони потребують дорогого обслуговування. Електроприводні станції екологічно чисті та ефективні, але потребують доступу до електричної мережі.

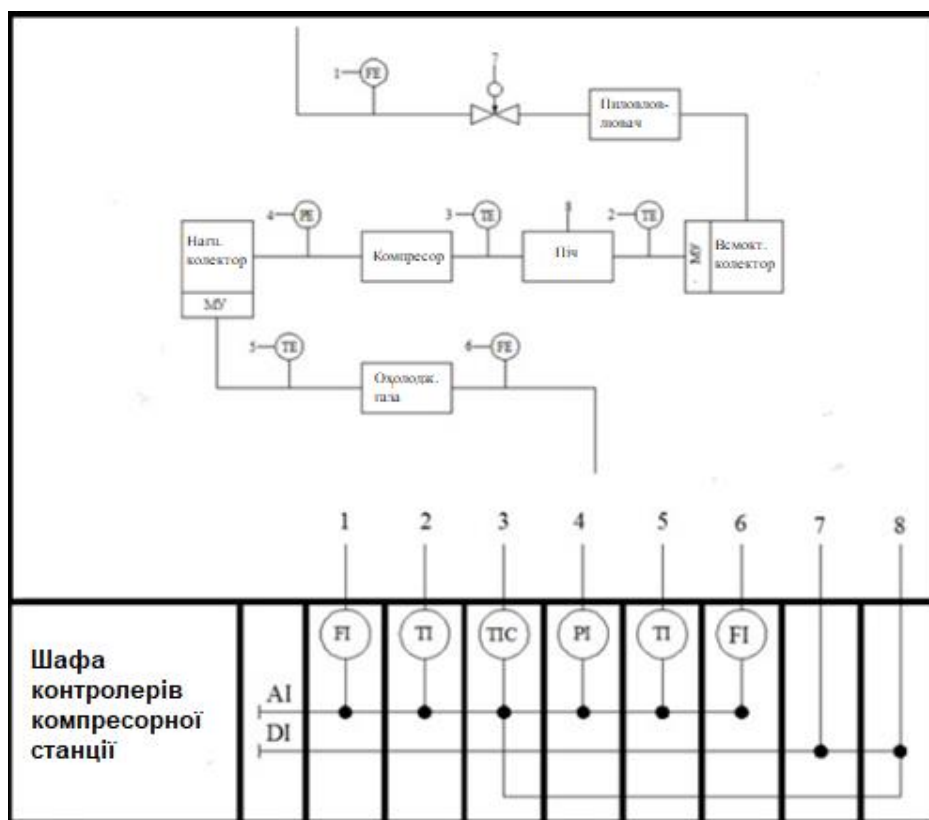


Рисунок 1.6 – Функціональна схема компресорної станції

Функціональна схема – це документ, який пояснює процеси, які відбуваються у окремих функціональних ланках установки або установки в цілому. Вона є пояснюючим матеріалом для окремих видів процесів, які відбуваються в цілісних функціональних блоках і ланцюгах пристрою. Наприклад, на рис. 1.6 можна побачити функціональну схему з вхідними аналоговими та дискретними сигналами.

Функціональна схема дозволяє краще зрозуміти роботу установки та її окремих елементів. Вона допомагає інженерам та технікам налаштувати та відладити установку, а також швидко виявити та усунути несправності. Функціональна схема також може бути корисною при проектуванні нових установок або модернізації існуючих. Вона дозволяє визначити оптимальну конфігурацію устаткування та забезпечити ефективну роботу установки. Функціональна схема є одним з головних інструментів для забезпечення надійності та ефективності роботи компресорних станцій.

1.6 Опис, склад технологічного процесу і схеми ГПА-Ц-16С

1.6.1 Газоперекачувальний агрегат

На компресорних станціях магістральних газопроводів часто застосовують поршневі газомоторні компресори, які поєднують силову частину та компресор для стиснення газу в одному агрегаті.

Газомоторні компресори призначені для стиснення та транспортування природних та нафтових газів, а також можуть бути використані для стиснення та перекачування інших неагресивних газів та повітря. Паливо для силової частини – природний або нафтовий газ. Модифікації газомоторних компресорів відрізняються числом компресорних циліндрів, їх розташуванням та діаметром, який може коливатися в межах від 180 до 630 мм. Газомоторні компресори також можуть бути використані у системах збереження енергії та у системах збереження тепла.

Газомотокомпресор типу 10ГК складається з двотактного газового двигуна з V-подібним розташуванням циліндрів та поршневого компресора з циліндрами подвійної дії, які розміщені горизонтально. Двигун та компресор мають спільну фундаментальну раму та колінчастий вал. На верхньому боці фундаментної рами під кутом 60° у два ряди встановлено десять силових циліндрів двигуна. Циліндри продувки кріпляться до вертикальної бокової сторони рами, на яких розташовані компресорні циліндри.

Залежно від модифікації, газомотокомпресори можуть мати три або п'ять компресорних циліндрів різного діаметру. Вибір числа циліндрів у газомотокомпресорах та їх діаметри залежить від ступеня стиску та необхідної швидкості подачі газу. Газомоторні

					СУДН-91с.6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

компресори характеризуються високою ефективністю, надійністю та довговічністю, але в той же час потребують значних капиталовкладень.

Основні технічні показники газомотокомпресорів представлені в табл. 1.1.[7]

Таблиця 1.1 – Основні технічні показники газомотокомпресорів

Показник	8ГК	10ГК	10ГКН	10ГКМ	МК – 8	ДР – 12
Потужність, кВт	220	736	993	1100	2060	5515
Частота обертів валу, об/хв	350	300	300	300	300	300
Продуктивність, млн.м ³ /добу	0,24	0,72	0,72	3,0	5,5	13,8
Тиск всмоктування, МПа	1,7	2,3	1,7	4,8	4,3	4,3
Тиск нагнітання, МПа	2,6	4,2	3,5	5,5	5,6	5,6
Число компресорних циліндрів	3 – 5	3 – 5	3 – 5	3 – 5	4	6

Силкові циліндри двигуна виготовлені з чавуну разом із сорочкою для водяного охолодження. У нижній частині на дзеркалі циліндрів є порожнини та канали, якими вони з'єднуються з реверсом фундаментної рами. Зверху до циліндрів прикріплюють чавунні кришки болтами, роз'єм між ними ущільнюють мідними прокладками.

Колінчастий вал газомотокомпресора кований, виготовлений з вуглецевої сталі, має п'ять шатунних та п'ять рамових шийок. Кривошипи валу розташовані по відношенню один до одного під кутом 72°. До щоків валу прикріплюють чавунні противаги. У кожній шатунній шийці валу є по два свердловини, через які масло надходить для змащення підшипників шатунів та далі для охолодження циліндрів. На рамних шийках між цапфами підшипників закріплені роз'ємні кулачки приводу газопускних клапанів. На краю валу знаходиться шестерня для приводу масляного насоса та допоміжних механізмів. Остання рамна шийка (шийка завязаного підшипника) закінчується фланцем, до якого прикріплюють шпильками маховик.

Шатуни, виготовлені штампуванням з вуглецевої сталі, мають двотавровий переріз. Вони з'єднуються з поршнями та головкою головного (компресорного) шатуна за допомогою пальців, які у свою чергу кріплять до стрижнів шатунів болтами.

Поршні двигуна виготовлені з чавуну. У верхніх чотирьох канавках на зовнішньому боці поршнів і одній нижньої канавці встановлені компресійні та маслознімні кільця. Для поліпшення умов приробітку поверхонь поршня і циліндра, що труться, на спідниці поршня є три бронзових пояси, а зовнішня поверхня поршня покрита шаром олова.

Робочий цикл у силових циліндрах газомотокомпресорів, що здійснюється за два такти, відповідає повному обороту колінчастого валу на 360°. Перший такт – стискання. Коли

поршень наближається до верхньої «мертвої» точки, продувальне та вихлопне вікна у циліндрі перекриваються, здійснюється стиск у циліндрі газоповітряної суміші. Тиск у циліндрі на кінці стиску для двигуна типу 10ГК становить 0,7-0,8 МПа, для двигуна типу 10ГКН - 1,6-1,8 МПа. Другий такт – горіння та розширення. У той момент, коли поршень ще не досяг верхньої «мертвої» точки на 15-30°, у циліндрі за допомогою іскри свічки відбувається запалення стиснутої газоповітряної суміші.

На компресорних станціях магістральних газопроводів широко використовуються поршневі газомоторні компресори, які об'єднують силову частину та компресор для стиснення газу в одному пристрої.[8] Між силовими циліндрами знаходяться вихлопні колектори, що сполучають водяний та водоприймальний колектори. Останній колектор подає охолоджувальну рідину до циліндрів двигуна.

Колінчастий вал газомотокомпресора обертається на десяти корневих (рамових) підшипниках. У двигуна типу 10ГК також присутній виносний підшипник з приставним валом. Шатуни двигуна – причепні, з'єднуються з кривошипом за допомогою головки головного (компресорного) шатуна. Друга головка головного шатуна з'єднується з крейцкопфом, до якого прикручений шток поршня компресорного циліндра, а також кріпиться поршень продувального циліндра.

При русі поршня до нижньої «мертвої» точки в циліндрі відбувається розширення продуктів згорання до моменту відкриття поршнем вихлопних вікон на дзеркалі циліндра. Відпрацьовані гази виходять із циліндра через вихлопні вікна. Свіже повітря для продування і зарядки в циліндри подається з ресивера фундаментної рами під тиском 0,12-0,15 МПа для двигуна типу 10ГК і 0,135-0,25 МПа для двигуна типу 10КГН, туди він надходить від продувних насосів, які закачують повітря через фільтр та стискають до зазначених параметрів. Продування починається з моменту відкриття поршнем продувних вікон на дзеркалі циліндра і триває до того моменту, коли поршень, пройшовши нижню «мертву» точку, піде вгору і закрий продувні та вихлопні вікна. Вихлопні гази з циліндрів надходять у вихлопні колектори та через глушник викидаються в атмосферу.[18]

Паливний газ під тиском поступає у циліндри двигуна через газовпускні клапани, розташовані на кришках циліндрів. Клапани відкриваються за допомогою штанг та важелів, що приводяться в дію кулачковими шайбами, закріпленими на колінчастому валу.

Регулювання кількості газу, що надходить у двигун, здійснюється автоматично регулятором частоти обертання, з'єднаним жорстко тягою з клапаном, що регулює подачу газу в силові циліндри. Розподіл навантаження циліндрами регулюється краном ручного регулювання, встановленим на газовпускному клапані.

У двигунів типу 10КГН збільшення їх потужності застосовують наддув. Перший ступінь наддуву здійснюється турбокомпресорами ГК-30, другий – продувними насосами.

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Повітря з атмосфери всмоктується через фільтр і стискується у турбокомпресорах, які закріплені у верхній частині корпусу газомотокомпресора з боку маховика. Далі стиснене повітря проходить через холодильник, охолоджується водою і надходить повітряним колектором через продувні насоси в ресивер фундаментної рами, з якої вже поступає безпосередньо в циліндри двигуна.

1.6.2 Склад ГПА-Ц-16С

Газоперекачувальний агрегат (ГПА) призначений для транспортування природного газу магістральними газопроводами при робочому тиску 5,5-7,4 МПа.

Агрегат складається з окремих функціонально завершених блоків і вузлів заводської готовності, які з'єднуються між собою на місці експлуатації. Турбоагрегат складається з наступних вузлів: контейнера, приводного двигуна НК-16СТ, встановленого під рамою двигуна. Крім того, окремі складальні одиниці розміщені в масляній системі турбоагрегату, системі підігріву, автоматичного пожежогасіння, підігріву циркуляційного повітря та автоматичного керування агрегатом. Контейнер турбоагрегату - це простір, де розміщені основні компоненти. Компоненти та системи агрегатів. Забезпечує необхідний мікроклімат для їх експлуатації та певні умови праці обслуговуючого персоналу під час регламентних і профілактичних робіт. Контейнер розділений герметичною перегородкою на 2 ізольованих приміщення: моторний відсік і розгінний відсік. Вентиляція моторного відсіку здійснюється вентилятором, вбудованим у блок вентиляції. Відсік нагнітача вентилується вентиляторами, вбудованими у блоці вентиляції. Вентиляція відсіку нагнітачів здійснюється вентилятором, встановленим у верхній частині цього відсіку.

Вентиляція компресорної здійснюється вентилятором, встановленим у верхній частині приміщення. Установки очищення повітря (АП) призначені для видалення пилу та інших механічних включень з атмосфери в циркулюючому повітрі, що надходить у компресор двигуна. АП складається з камери, фільтруючого елемента і всмоктувальної коробки, вентилятора для відведення пилу, перепускного клапана і решітки для підігріву циркулюючого повітря. Очищення повітря відбувається в інерційних жалюзійних сепараторах за рахунок різкого повороту повітряного потоку в фільтруючих елементах. На задній стінці камери розташовані два перепускних клапани (БК), коли розрідження камери ВЗУ досягає 80 мм вод.ст., БК автоматично відкриваються, а коли розрідження падає до 50 мм вод.ст., БК автоматично відкриваються. відкрито. Клапан закритий, і насосний пристрій показано на рис. 1.7 Камера всмоктування призначена для введення атмосферного повітря, очищеного від ФОР, в осьовий компресор двигуна. Глушник – це спеціальна захисна кришка, встановлена на отворі рами камери всмоктування і заповнена теплоізоляційними звукопоглинаючими матами з супертонкого базальтового волокна. У центральному отворі стінки встановлені двостулкові

						Судн-91с.6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

ворота, а на задній стінці – одностулкові. Ворота служать для закручування та викручування двигуна при його заміні.

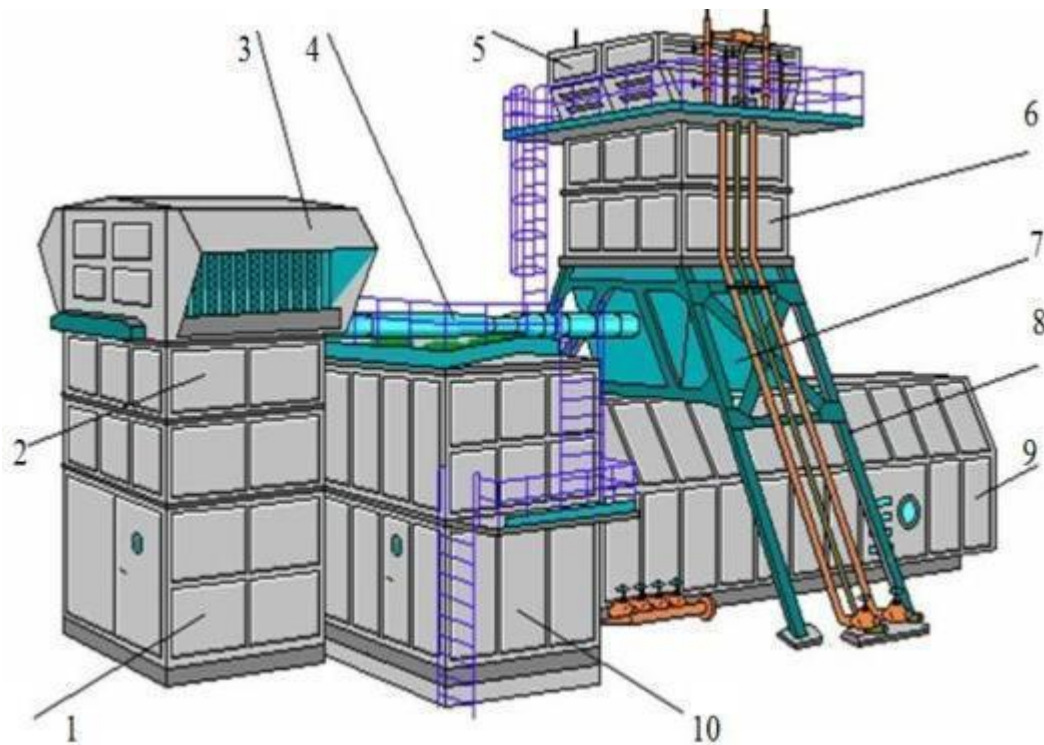


Рисунок 1.7 – Газоперекачувальний агрегат: 1 – камера всмоктування; 2 – всмоктувальні шумоглушники; 3 – повітроочисний пристрій; 4 – система підігріву циклового повітря; 5 – утилізатор; 6 – шумоглушники вихлопу; 7 – дифузор; 8 – опора вихлопної частини; 9 – турбоблок; 10 – блок маслоагрегатів

Середній блок призначений для створення рівномірного потоку повітря безпосередньо перед впускним каналом осевого компресора двигуна. Блок складається з рами і труби круглого перетину, виготовленої з листів нержавіючої сталі.

Вихлопний пристрій з глушником використовується для відводу вихлопних газів і зниження шуму вихлопу двигуна. Агрегат складається з дифузора, перегородки і глушника. Призначений для плавного зниження швидкості вихлопних газів, дифузор являє собою суцільнозварну конструкцію, включаючи внутрішні отвори рами, заповнені звукопоглинаючим матеріалом. Пластини щільного глушника обтічні, а пластинчатий зварний каркас виготовлений із гнутих профілів, обшитий з двох сторін перфорованими сталевими пластинами. Проміжки між панелями заповнені звукопоглинаючим матеріалом. Блоки маслоохолоджувачів призначені для охолодження масла, яке циркулює в системах змащення та ущільнення агрегату. Компоновка ГПА передбачає установку двох блоків, у кожному з яких встановлено два апарати повітряного охолодження масла.

Вентиляційна установка призначена для розміщення обладнання, що забезпечує вентиляцію моторного відсіку і приплив атмосферного повітря над масляним радіатором при відсутності електроживлення. Вентиляційна установка складається з рами, вентилятора, форсунок і заслінок з гідравлічним приводом. Відцентровий вентилятор подає очищене повітря, яке забирається з глушника РОР. Поворотні клапани призначені для відкриття каналів, що з'єднують вентиляційну установку і впускний отвір двигуна, коли вони закриті. При вимкненому вентиляторі вентиляція моторного відсіку відбувається шляхом забору повітря з турбоагрегату через відкриту заслінку, а вимкнений вентилятор йде далі в повітряозабірник двигуна. Управління заслінками здійснюється за допомогою гідроприводів.

Маслозбірний блок використовується для утримання масляного збору та аксесуарів масляної системи, щоб їх можна було обслуговувати під час роботи НРА. Має вентилятор для вентиляції блоку.

Установки фільтрації паливних газів призначені для очищення можливих забруднених газів у трубопроводах між установкою підготовки палива та пускового газу та входом у камеру згоряння двигуна. В установці встановлено два фільтри, їх обов'язка дозволяє по черзі або одночасно включати фільтри в роботу. Ступінь фільтрації 10 мкм.[19]

Система опалення призначена для попереднього підігріву агрегату перед запуском в холодну пору року і забезпечення нормальних кліматичних умов при експлуатації агрегатів і обладнання, встановлених в контейнерній кабіні. Нагрівання здійснюється гарячим повітрям, що відбирається від працюючого двигуна компресором високого тиску (температура 280 °С). Відібране гаряче повітря надходить в систему опалення станції, яка об'єднує всі агрегати, встановлені на компресорній станції, в мережу опалення. При відсутності гарячого повітря в мережі станції обігрів ГПА здійснюється моторним калорифером типу УМП-350.

Для запобігання зледеніння всмоктуючого тракту двигуна в діапазоні температур атмосферного повітря від +7 до мінус 10 °С використовують система підігріву циклового повітря. В табл. 1.2 наведено технічні характеристики двигуна НК-16 СТ.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики двигуна НК-16 СТ

Найменування показників	Величини
Максимальна потужність, кВт	16000
Ефективний ККД двигуна в режимі максимальної потужності, %	29
Максимальна потужність на вихідному валу СТ, кВт	19200
Робочий діапазон зміни частоти обертання приводного валу СТ на режимі максимальної потужності:	
- максимальна частота, об/хв, не більше	5300
- мінімальна частота, об/хв, не менше	3975
Температура газів перед СТ, не більше:	
- на режимі максимальної потужності, °С	630
- при запуску, °С	500
Температура зовнішніх поверхонь двигуна, °С	200
Рівень вібрації двигуна, мм/сек	40

						Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

Блок пожежогасіння призначений для розміщення установки автоматичного газового пожежогасіння. Автоматична система пожежогасіння забезпечує захист відсіків двигуна та нагнітача від пожежі шляхом своєчасного виявлення загоряння та подальшого гасіння його за допомогою автоматичної подачі вогнегасної речовини - хладону 114В2.

Технічні характеристики нагнітача НЦ-16 представлені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики двигуна НК-16 СТ

Найменування показників	Величини
Продуктивність, наведена до температури газу 20 °С та тиску 0,101 МПа, м ³ /год	384,82
Продуктивність, наведена до температури газу 15 °С та тиску 0,101 МПа, м ³ /год	378,25
Тиск початковий номінальний, МПа	5,17
Тиск кінцевий номінальний, МПа	7,45
Ступінь стиснення	1,37-1,44
Політропний ККД, %, не менше	83
Температура газу на всмоктування, °С	15
Розрахункове підвищення температури газу в нагнітачі при поминальному режимі, °С	31
Обороти ротора нагнітачів і силової турбіни, об/хв	3750-5300

Підігрів циклового повітря здійснюється подачею на вхід очищувального пристрою гарячих газів з вихлопної шахти агрегату. Гази ежектуються стисненим повітрям, що відбирається з компресора низького тиску двигуна. Гаряча газоповітряна суміш направляється на розподільні ґрати, встановлені на вході у ПОП.

1.6.3 Технологічна схема роботи ГПА-Ц-16С

До складу газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С включені: приводний газотурбінний двигун ДГ90Л2, головна рама ГПА з допоміжними агрегатами, механізмами, пристроями та комунікаціями, газовідведення з теплоізолюючим кожухом, трансмісія, нагнітач природного газу НЦ-16; комплект приладів та вузлів, що постачаються спільно з агрегатом, комплект запасного інвентарю та приладдя (ЗП) одиночний, комплект ЗП груповий.

Очищений природний газ з установки очищення по газопроводу Г-1000 через патрубков, який всмоктує, надходить у відцентровий нагнітач, де відбувається його стиск і подача через нагнітальний патрубок в колектор.

В якості приводу нагнітача використовується стаціонарний газотурбінний двигун НК16-СТ, створений на базі авіаційного турбовентиляторного двигуна НК-8-2У, що працює на газі, що перекачується, в якому вільна енергія перетворюється на потужність на вивідному валу за допомогою турбіни нагнітача.

Очищене в очищувальному пристрої атмосферне повітря потрапляє в компресор двигуна, де воно стискається і надходить в камеру згоряння. У той же час паливний газ

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

подається до камери згоряння через робочі форсунки. З камери згоряння газу направляються на лопатки турбіни високого тиску.(ТВТ) та турбіни низького тиску (ТНТ). Механічний зв'язок між турбіною та ротором нагнітача здійснюється через проміжний вал. Відпрацьовані газу через газовідведення, пройшовши утилізатор тепла та шумоглушник, викидаються в атмосферу.

В обв'язці кожного агрегату всмоктуючий трубопровід обладнаний краном з гідропневмоприводом 1 (рис. 1.8) для прийому газу в нагнітач і байпасним краном 4 для заповнення контуру нагнітачів перед його пуском, а також для опресування нагнітача.

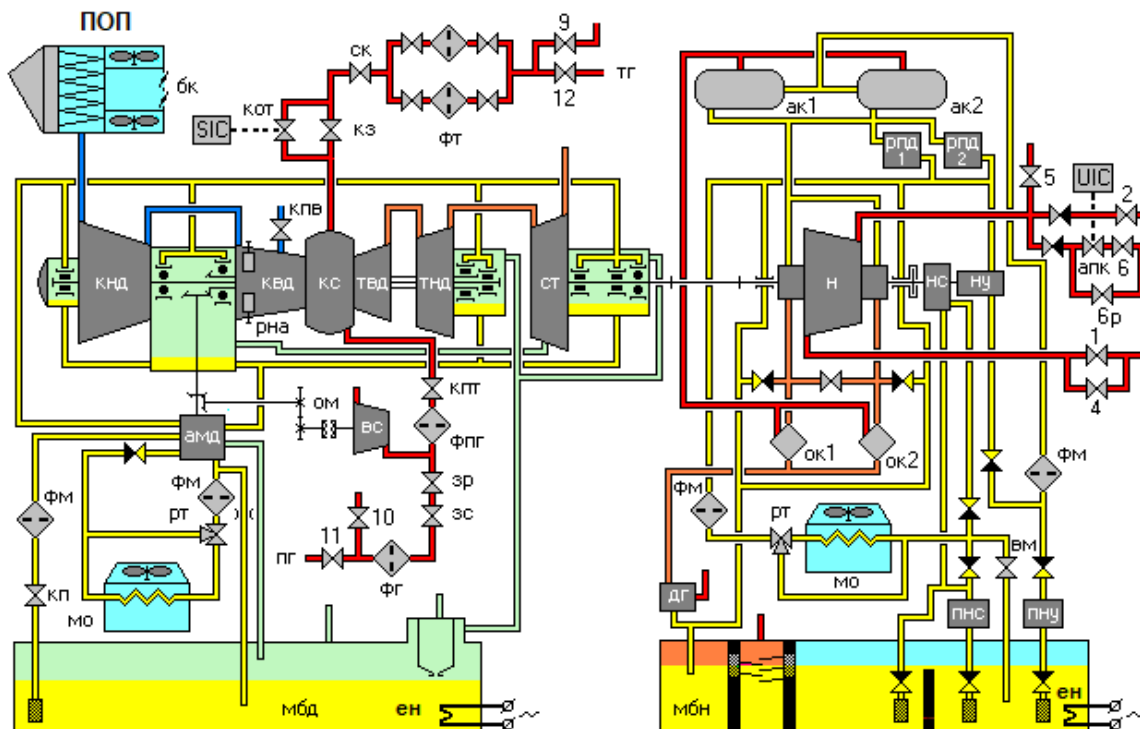


Рисунок 1.8 – Технологічна схема роботи ГПА-Ц-16С

Нагнітальний трубопровід має наступне обладнання:

- кран 2 з гідропневмоприводом для виходу газу з нагнітача та зворотний клапан у магістралі Г-700;
- лінію для скидання газу на свічку з кранів 5, 5А перед краном 2, що призначена для продування контуру нагнітання перед запуском ГПА або скидання газу на свічку при будь-яких зупинках агрегату, а також опресування;
- пусковий трубопровід для подачі газу в пусковий контур із краном та зворотним клапаном 6 в агрегатній лінії рециркуляції газу Г-400, краном-регулятором 6А «Mokveld».

На лінії подачі паливного газу розташовано:

- паливний клапан «Аmot»;
- стопорний клапан;

- кран 12 для дистанційного керування;
- штуцер з лінією для скидання газу на свічку із пневмокраном 9.

Цей трубопровід є важливою частиною системи. Все обладнання ретельно перевіряється перед експлуатацією. Кожен елемент має свою специфічну функцію. Регулярне обслуговування допомагає уникнути проблем. Завдяки цьому трубопроводу забезпечується ефективна та безперебійна робота системи.

Схема обв'язки ГПА-Ц-16С дозволяє незалежно виводити агрегати на режим «Кільце» через пусковий контур. Антипомпажний захист кожного агрегату забезпечується краном 6А «Mokveld» системи управління та протипомпажного регулювання фірми «ССС». Виведення агрегату на режим «Магістраль» відбувається шляхом відкриття крана 2 і закриття крана 6.

При зупинці агрегату закриваються крани 1,2,4 обв'язки ГПА, а також закривається кран 12 і відкривається кран 9 паливного трубопроводу двигуна. Після отримання сигналу «АТ зі стравлюванням» через відкриття свічкового крана 5 опресовування нагнітача проводиться через крани 4, 4р при плавному наборі тиску і подальшому скиданні газу на свічку через кран 5. Пуск станції виконується після витіснення повітря і набору робочого тиску. Пуск одного агрегату на режимі «Кільце» проводиться при відкритих кранах 1, 2, 6 та 6А «Mokveld». Після виведення агрегату на режим «Кільце» закривається кран 6А «Mokveld», і агрегат починає працювати в режимі «Магістраль».

Функції управління, захисту та автоматизації ГПА виконує мікропроцесорна система контролю та управління (МСКУ) 4510СГ, що поставляється комплектно з агрегатом. Система управління та протипомпажного регулювання фірми «ССС», виконана на базі програмно-технічних засобів (ПТЗ) Series-4, забезпечує пуск та зупинку ГПА, автоматичний захист, контроль технологічних параметрів, сигналізацію несправностей та видачу інформації на центральний диспетчерський пункт (ЦДП). Програмне забезпечення має такі характеристики: функціональна достатність, надійність, адаптованість, модифікованість, модульна побудова та зручність експлуатації.

Комплекс МСКУ 4510СГ агрегатного рівня розміщений у спеціальному приладовому блок-боксі з штучним мікрокліматом, розташованим поруч з укриттям агрегату.

Функціональні блоки цехового комплексу (локальні інтелектуальні системи (ЛІС)), для скорочення кабельних ліній, розміщуються в щитових установках паливного та імпульсного газу, очищення газу та комплектної трансформаторної підстанції (КТП) АПО газу.

У щитових та апаратних установках встановлюються стійки ЛІС з модулями, джерелами живлення та клемними колодками для підключення кабелю. В операторній знаходиться пульт оператора для індивідуального та групового управління ГПА та загальноцеховим обладнанням.[5] У контейнерах ГПА-Ц-16С передбачено вуглекислотне пожежогасіння та контроль концентрації СН₄. Перед пуском агрегатів визначається робочий

					СУДН-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

режим залежно від продуктивності та оборотів. Споживана потужність не повинна перевищувати номінальну на 20%, тобто не більше 19000 кВт при температурі повітря вище мінус 5 °С.

Це дозволяє ефективно управляти роботою агрегатів. Регулярна перевірка перед експлуатацією допомагає уникнути проблем. Ретельне обслуговування є ключовим для ефективної роботи системи. Завдяки цьому можлива надійна робота станції. Контроль концентрації СН4 забезпечує безпеку експлуатації.[9]

Щоб уникнути попадання нагнітача в зону нестійкої роботи, робоча точка повинна бути правіше помпажної лінії на 10% або більше. Це пов'язано з тим, що при зменшенні витрати газу до 60% від розрахункового через нестабільний потік у міжлопаткових каналах та зростанням впливу зворотного закрутки, робоче колесо не може створити тиск більше за тиск у дифузори та напірній порожнині. Виникає перебіг у зворотному напрямку, що призводить до шуму і сильних вібрацій нагнітача та його обв'язки, збільшення обертів та зворотного розкручування ротора при несправності зворотного клапана. Причинами помпажу нагнітача можуть бути: збільшення тиску на виході, знижена частота обертання порівняно з паралельно працюючими агрегатами, коливання тиску в мережі, неправильна перестановка кранів у системі обв'язки нагнітача або попадання стороннього тіла на захисну сітку чи вхідний напрямний апарат. Головна небезпека помпажних коливань для ГПА – це велика ймовірність пошкодження упорного підшипника, можливе руйнування покривного диска робочого колеса та сильне зачеплення і розробка зазорів у лабиринтних ущільненнях.[4] Захист від помпажу кожного агрегату забезпечують крани-регулятори 6А «Mokveld» на лінії Г-400 по обв'язці агрегатів ГПА-Ц-16С.

Виходячи з вищезазначеного складена схема інформаційно-матеріальних потоків (рис 1.9).

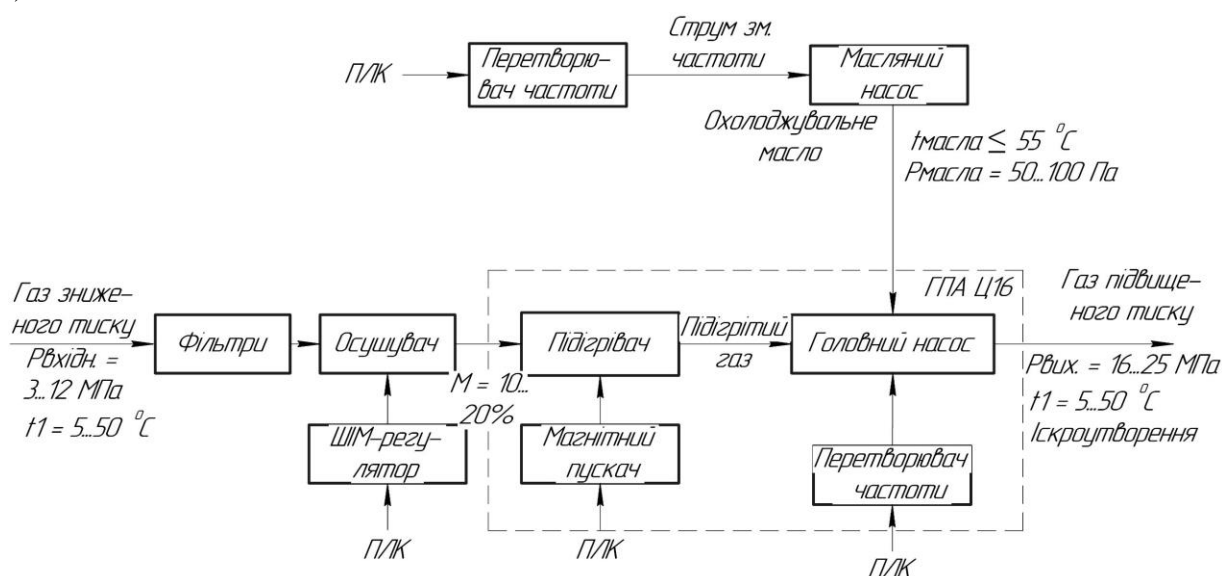


Рисунок 1.9 – Схема інформаційно-матеріальних потоків

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ГАЗОПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ

2.1 Постановка задач автоматизації

Автоматизація вважається одним із напрямів науково-технічного прогресу, який використовує саморегулюючі технічні засоби та точні методи з метою звільнення людини від участі в процесах отримання, перетворення, передачі та використання енергії, використаних матеріалів, виробів або інформації та значно зменшує ступінь участі або трудомісткості виконуваних операцій.

Автоматизація дає можливість збільшити продуктивність праці, покращити якість продукції, оптимізувати процеси управління, усунути людину від виробництв, які є небезпечними для здоров'я. За винятком найпростіших випадків, вимагає єдиного системного підходу до вирішення задачі. До складу систем автоматизації входять датчики, пристрої введення-виведення, контролери, виконавчі механізми, комп'ютери. [3]

Транспортування газу магістральними газопроводами є найбільш оптимальним варіантом його доставки. Головним завданням при транспортуванні газу є підтримання необхідної температури та тиску. Надто висока температура газу негативно впливає на роботу компресорного цеху. Щоб уникнути аварійних ситуацій, потрібно охолоджувати природний газ. Для цього використовуються системи охолодження газу. При експлуатації компресорних станцій, виникають такі питання, як зменшення витрат на електроенергію, підвищення ефективності приводу, захист самих установок, контроль та регулювання температури, тиску.

Для вирішення цих питань у даній кваліфікаційній роботі на здобуття освітнього ступеня бакалавр розроблено автоматизовану систему моніторингу режимів роботи компресорних станцій.

Були поставлені та вирішені такі завдання:

- розв'язання задачі управління перерахунку навантаження на паралельно працюючих ГПА;
- вибір датчиків температури, тиску та витрати газу;
- вибір контролера;
- реалізація програмного інтерфейсу у SCADA-системі.

2.2 Особливості режимів спільної паралельної роботи низки газоперекачувальних агрегатів

До складу газотранспортного вузла, як правило, входять кілька компресорних цехів, які можуть експлуатуватися окремо кожен на свій магістральний газопровід (МГ), але практика роботи реальних газотранспортних підприємств показує, що переважно МГ однакових

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
						27
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проектних робочих тисків об'єднуються в єдиний газотранспортний коридор за допомогою технологічних перемичок. В результаті виникає ситуація паралельної роботи різнотипних газоперекачувальних агрегатів (ГПА) у різному технічному стані. У цій ситуації потрібно вирішити питання оптимального розподілу навантаження між ГПА з метою зниження витрат. Складність у вирішенні такого типу питання полягає в тому, що ГПА є складною системою з цілою низкою умов та обмежень, що складається з окремих блоків, таких як ГМК та ЦБН, які, у свою чергу, мають свої характеристики, на які впливають: поточний технічний стан, режим експлуатації, умови зовнішнього середовища та інші фактори.

Тому для правильного вирішення задачі розподілу навантаження між ГПА потрібне отримання актуальних витратних характеристик ГПА з урахуванням усіх зазначених факторів варіативності. Поняттям «витратні характеристики ГПА» у цій роботі називається залежність витрати паливного газу в ГПА від витрати технологічного газу через нагнітач цього ГПА, розрахованих для даного ГПА з урахуванням його технічного стану, поточних експлуатаційних, технологічних та атмосферних умов. Для прикладу витратних характеристик ГПА можна розглянути графіки залежностей витрати паливного газу ГПА-Ц-16С та ГМК 10ГК (рис 2.1) від витрати газу через нагнітач, розрахованих для конкретних та однакових експлуатаційних, технологічних та атмосферних умов. На рис. 2.1 можна відзначити, що витратні характеристики ГПА мають вигляд простих кривих, що монотонно зростають у всьому діапазоні витрат газу через нагнітач. Робочі (фізично можливі) діапазони потужності для цього випадку були розраховані і складають для ГПА-Ц-16С від 7,1 до 18,4 МВт, а для ГМК 10ГКот від 7,3 до 22,8 МВт. Відповідні діапазони витрат газу через нагнітач складають для ГПА-Ц-16С від 22 до 52 млн н.м³/добу, а для ГМК 10ГК від 23 до 68 млн н.м³/добу. У цих робочих діапазонах витратні характеристики розглянутих ГПА є практично прямими пропорційними залежностями.

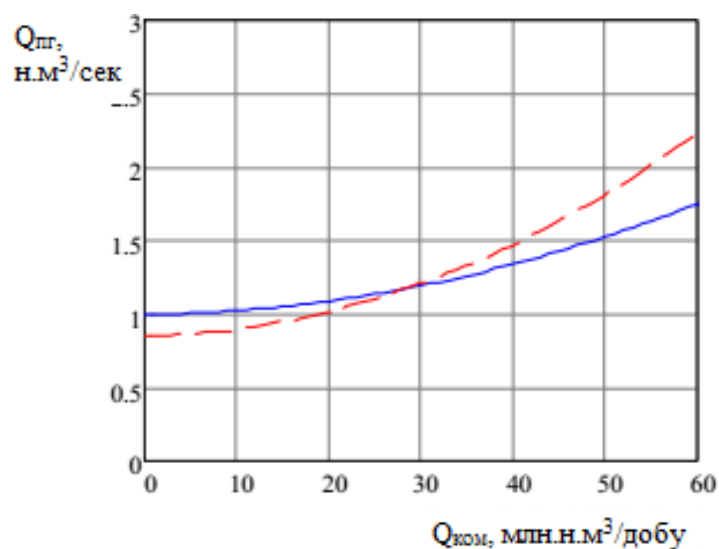


Рисунок 2.1 – витратні характеристики ГПА-Ц-16С (пунктирна лінія) та ГМК 10ГК (суцільна лінія)

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Мінімальна витрата газу через нагнітачі визначалася відповідно до положення кордону помпажних режимів роботи ЦБН. Максимальна витрата газу через нагнітачі визначалася за наявною потужністю ГПА.

На рис. 2.2 показано графічне вирішення задачі визначення максимальної витрати газу через нагнітач для ГМК 10ГК. Шуканий режим знаходиться в точці перетину графіків ефективної потужності і наявної потужності.

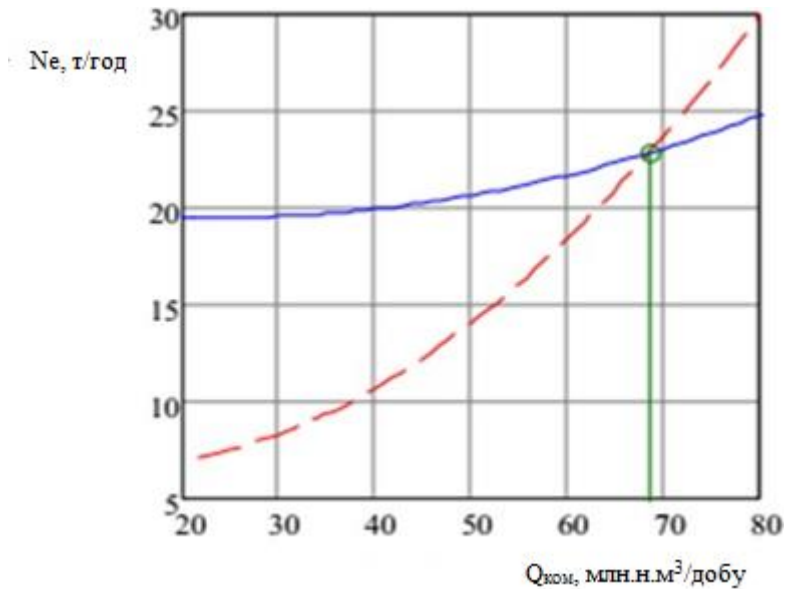


Рисунок 2.2 – Графіки ефективної потужності (пунктирна лінія) і наявної потужності (суцільна лінія) для ГМК 10ГК залежно від комерційної витрати газу через нагнітач

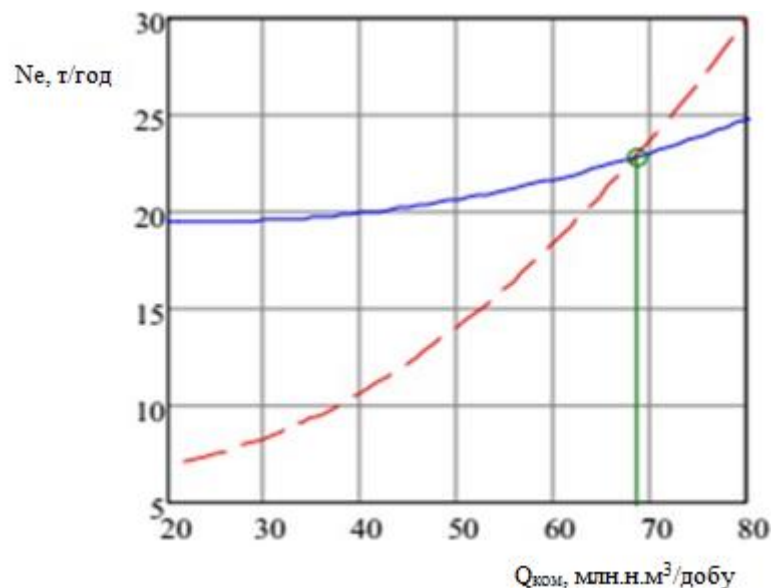


Рисунок 2.3 – Графіки ефективної потужності (пунктирна лінія) та наявної потужності (суцільна лінія) для ГПА-Ц-16С в залежності від комерційних витрат газу через нагнітач.

На рис. 2.3 показано графічний розв'язок задачі визначення максимальної витрати газу через нагнітач для ГПА-Ц-16С. Величини ефективної і потужності для графіків на рис. 2.2 і

рис. 2.3 визначалися з використанням заводських характеристик ГПА за викладеними методиками/ Зменшення чи зростання графіка наявної потужності ГПА визначається кожному разі положенням досліджуваного діапазону режимів.

Для аналізу спільної паралельної роботи двох ГПА та пошуку оптимальних рішень, доцільно витратно-витратні характеристики цих ГПА представляти на одній діаграмі у вигляді графіків залежностей витрати паливного газу від витрати технологічного газу через нагнітач одного з цих ГПА при незмінному сумарному витраті газу через нагнітачів обох ГПА. На діаграму також наноситься графік суми витрат за обома ГПА із зазначеною точкою мінімуму витрат. Такий вид діаграм надалі називатиметься «діаграмою спільної роботи ГПА»

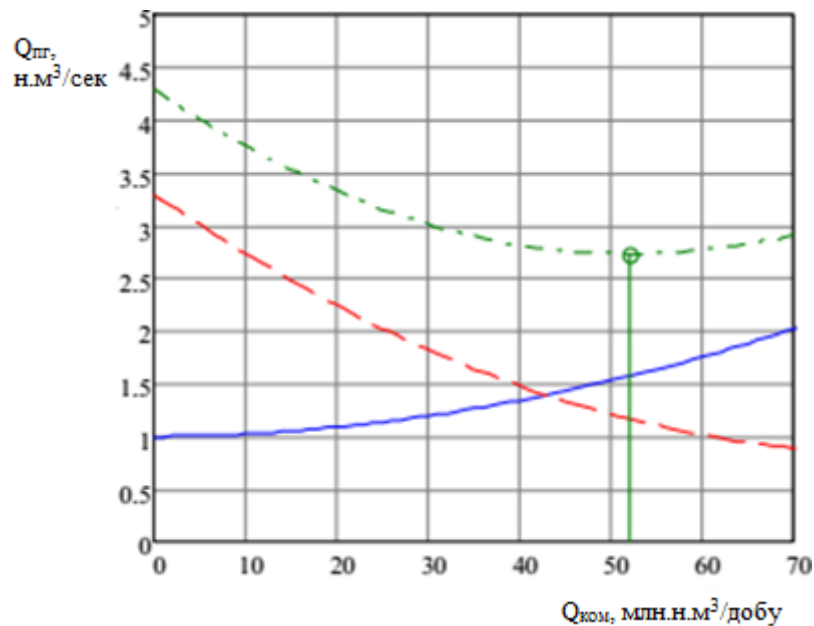


Рисунок 2.4 – Діаграма спільної роботи ГПА-Ц-16С (пунктирна лінія) та ГМК 10ГК (суцільна лінія) від витрати газу через нагнітач ГМК 10ГК при незмінному сумарному витраті газу через нагнітач обох ГПА, що дорівнює 80 млн.н.м³/добу

Графік суми витрат з обох ГПА (штрих-пунктирна лінія) із зазначеною точкою мінімуму (відрізок із маркером). За діаграмою на рис. 2.4 видно, що для представленого окремого випадку не є оптимальним варіантом ані режим з рівною витратою технологічного газу, ані режим з рівними витратами, ані режим із максимальним завантаженням більш ефективного ГПА.

У свою чергу, простий розрахунок показує те, що при оптимальному варіанті режиму в даному випадку питомі витрати по ГПА не рівні між собою, тобто ці витрати можна віднести до витрат технологічного газу. Отримавши такий результат для окремого випадку, можна стверджувати і загалом, що рівність витрат не може бути критерієм оптимізації спільної паралельної роботи двох різнотипних ГПА, а також – рівність витрат технологічного газу, рівність питомих витрат та максимальне завантаження більш ефективного ГПА. При різних

варіантах розподілу навантаження значно змінюється величина загальних витрат. Так, наприклад, для випадку, представленого на рис. 2.4, сумарні витрати паливного газу для оптимального режиму становлять 2,729 н.м3/сек, для режиму з мінімальним завантаженням ГПА-Ц-16С сумарні витрати паливного газу становитимуть 2,747 н.м3/сек, а для режиму з мінімальним завантаженням ГМК 10ГК-3,201 н.м3/сек. З цих цифр видно, що неправильно обраний режим розподілу навантаження між паралельно працюючими ГПА у цьому випадку може призвести до невиправданих додаткових витрат палива до 17% порівняно з оптимальним розподілом.

2.2.1 Загальний вид розв'язання задачі пошуку оптимального режиму спільної паралельної роботи низки ГПА

У загальному вигляді розв'язання задачі пошуку оптимального режиму спільної паралельної роботи ряду ГПА, при якому витрати мінімальні з можливих, зводиться до розв'язання системи рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, 3 \dots n \\ B_i = f_i(Q_i) \\ B_{min_i} = f_i(Q_{min_i}) \\ B_{max_i} = f_i(Q_{max_i}) \\ B_{min_i} \leq B_i \leq B_{max_i} \\ B_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n B_i \\ Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_i \\ B_{\Sigma} = \min(B_{\Sigma}) \end{array} \right. \quad (2.1)$$

де i – номер ГПА; n – кількість працюючих ГПА; $B_i = f_i(Q_i)$ – витратна характеристика i -го ГПА; B_i – витрати на роботу i -го ГПА; Q_i – витрата технологічного газу через ЦБН i -го ГПА; Q_{min} – i мінімально допустима витрата технологічного газу через ЦБН цього ГПА; B_{min} – i витрати на роботу i -го ГПА на мінімально допустимій витраті технологічного газу через ЦБН цього ГПА; Q_{max} – i максимально допустима витрата технологічного газу через ЦБН цього ГПА; B_{max} – i витрати на роботу i -го ГПА на максимально допустимій витраті технологічного газу через ЦБН цього ГПА; B_{Σ} – сумарні витрати на роботу всіх ГПА; Q_{Σ} – сумарна витрата технологічного газу через ЦБН всіх ГПА.

Витрати при роботі ГПА можуть бути представлені у величинах витрати паливного газу за одиницю часу чи фінансових витратах за одиницю часу.

У системі рівнянь відображено те, що при пошуку оптимального режиму спільної паралельної роботи ряду ГПА необхідно врахувати їх витратні характеристики, обмеження за максимальними та мінімальними допустимими витратами технологічного газу через ЦБН кожного ГПА, і при цьому повинна бути дотримана задана величина сумарної витрати технологічного газу через ЦБН всіх ГПА. Обмеження щодо мінімальних допустимих витрат

технологічного газу через ЦБН ГПА пов'язані з умовою недопущення роботи ЦБН у зоні помпажу та з встановленим заводом-виробником обмеженням на мінімальне завантаження ГПА для запобігання втраті «самохідності» ГТУ. Визначення обмеження щодо мінімально допустимої витрати технологічного газу через ЦБН для конкретного ГПА зводиться до розрахунку режиму роботи ЦБН у поточних умовах за умов завантаження ГПА на величину мінімально допустимої потужності. Обмеження за максимальними допустимими витратами технологічного газу через ГПА пов'язані із встановленим заводом-виробником обмеженнями на максимальне завантаження ГПА для запобігання поломкам через перевантаження. Обмеження за максимально допустимим завантаженням ГПА може виникнути по одному з цілого ряду параметрів ГПА в залежності від заданих значень установок за цими параметрами, а також від умов експлуатації та технічного стану ГПА. Ефективна потужність ГПА при максимально допустимій величині завантаження називається потужністю, що розташовується. Визначення обмеження максимально допустимої витрати технологічного газу через ЦБН для конкретного ГПА зводиться до розрахунку режиму роботи ЦБН в поточних умовах за умовою завантаження ГПА на величину наявної потужності.

Однак, навіть коли визначено поточні витратні характеристики та обмеження всіх працюючих ГПА, рішення системи рівнянь (2.1) може представляти певні складнощі щодо прикладної математики. Причина цього у тому, що величина оптимальних сумарних витрат за роботу всіх ГПА є функцією змінних, кількість яких дорівнює кількості працюючих ГПА мінус один (завдяки рівнянню сумарної витрати технологічного газу).

Пошук екстремумів функції більше двох змінних не представлений у сучасних доступних програмних засобах. Для усунення зазначених складнощів із розв'язанням системи рівнянь (2.1) потрібне знаходження додаткових закономірностей з метою зниження кількості незалежних змінних, які беруть участь в оптимізаційному розрахунку.

2.2.2 Розгляд випадку спільної роботи двох ГПА одного типу

З цією метою для початку розглянемо випадок спільної роботи двох ГПА одного типу. На рис. 2.5 показані графіки залежностей наведеної витрати паливного газу від наведеної потужності для п'яти ГПА-Ц-16С у різному технічному стані за даними стендових випробувань. Максимальна різниця між графіками сягає 4.6%. Можна зауважити, що загалом проглядається тенденція пропорційного «розшарування». Тобто з одного графіка можна отримати інший множенням на константу у всьому робочому діапазоні потужності ГПА. Так само, на околицях будь-якого значення потужності з одного графіка можна отримати інший простим додаванням константи.

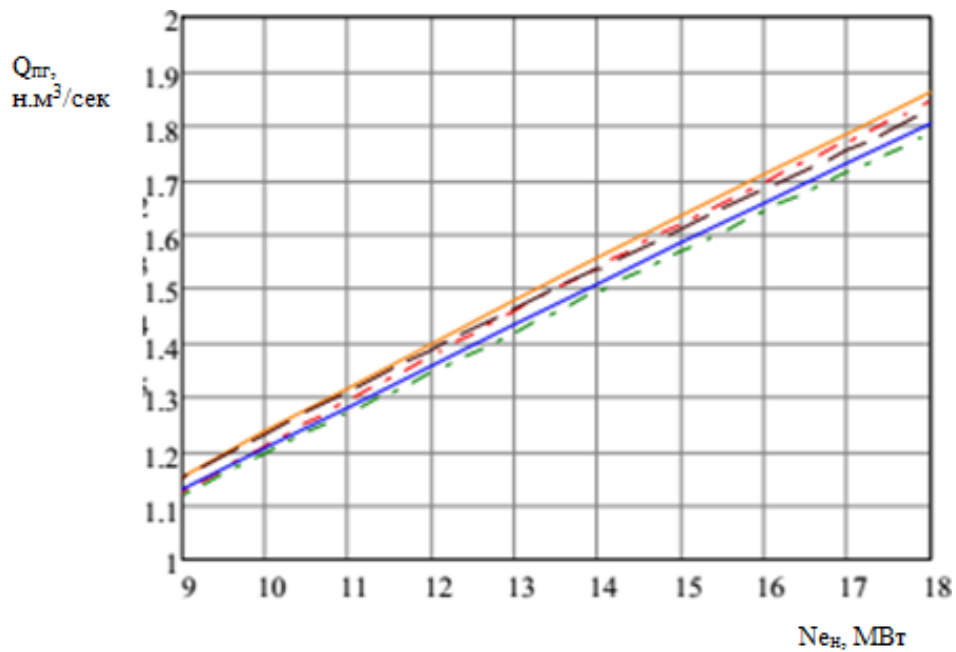
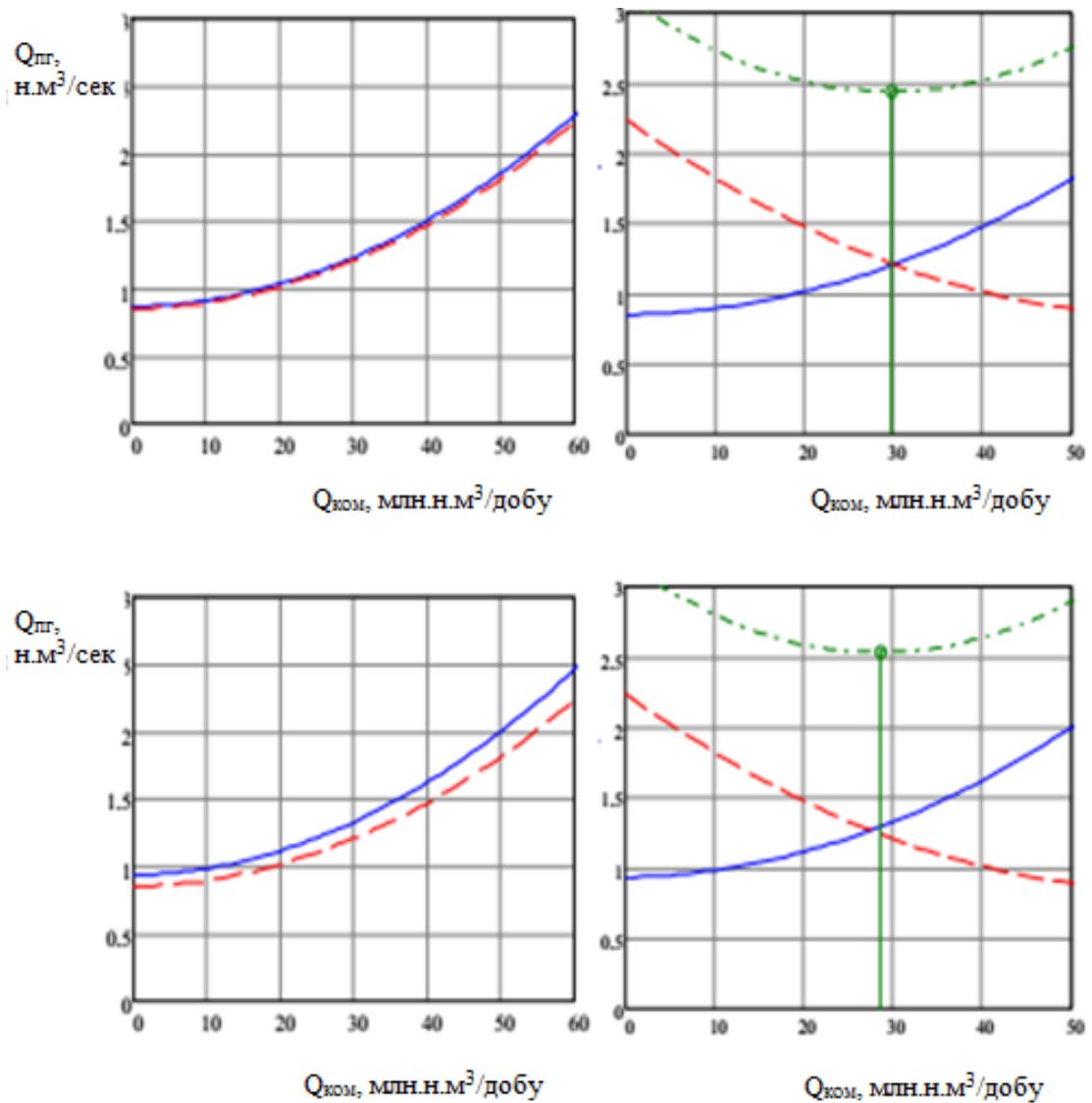


Рисунок 2.5 – Графіки залежностей наведеної витрати паливного газу від наведеної потужності, для ГПА-Ц-16С в різному технічному стані за даними стендових випробувань



Рисцнок 2.6 – Витратні характеристики двох ГПА-Ц-16С

На рис. 2.6 витратні показники двох ГПА-Ц-16С (ліворуч) та відповідні діаграми їхньої спільної роботи (праворуч) для постійної сумарної витрати газу через нагнітачів обох ГПА 60 млн.н.м3/добу. Вгорі: графіки для двох ГПА-Ц-16С приблизно в початковому технічному стані. Внизу: графіки для випадку, коли один ГПА-Ц-16С у вихідному технічному стані (пунктирна лінія), а інший ГПА-Ц-16С у зниженому на 10% технічному стані (суцільна лінія).

У разі спільної роботи двох ГПА-Ц-16С, коли один ГПА у вихідному технічному стані, а інший ГПА у зниженому на 10% технічному стані, оптимальним виявився режим дуже близький до режиму з рівними витратами газу через нагнітачі обох ГПА. Цей факт є простим математичним наслідком описаної вище закономірності зсуву паливної характеристики ГПА. На околицях будь-якого значення витрати газу через нагнітач, витратні характеристики двох ГПА-Ц-16С в різному технічному стані практично еквідистантні. До того ж графік сумарних витрат в околицях мінімуму при зміні витрати газу через нагнітач у діапазоні $\pm 10\%$ має дуже незначні зміни на 0.27%. Відмінність витрат палива на 10% при однаковому навантаженні для двох ГПА одного типу, більше граничного відхилення технічного стану ГПА, зазвичай спостерігається практично в міжремонтний період експлуатації. Підсумовуючи розгляд випадку спільної роботи двох ГПА одного типу можна констатувати те, що критерієм оптимізації для них з допустимою точністю є рівність витрат газу через нагнітачі обох ГПА.

2.2.3 Розгляд випадку спільної роботи двох ГПА різного типу

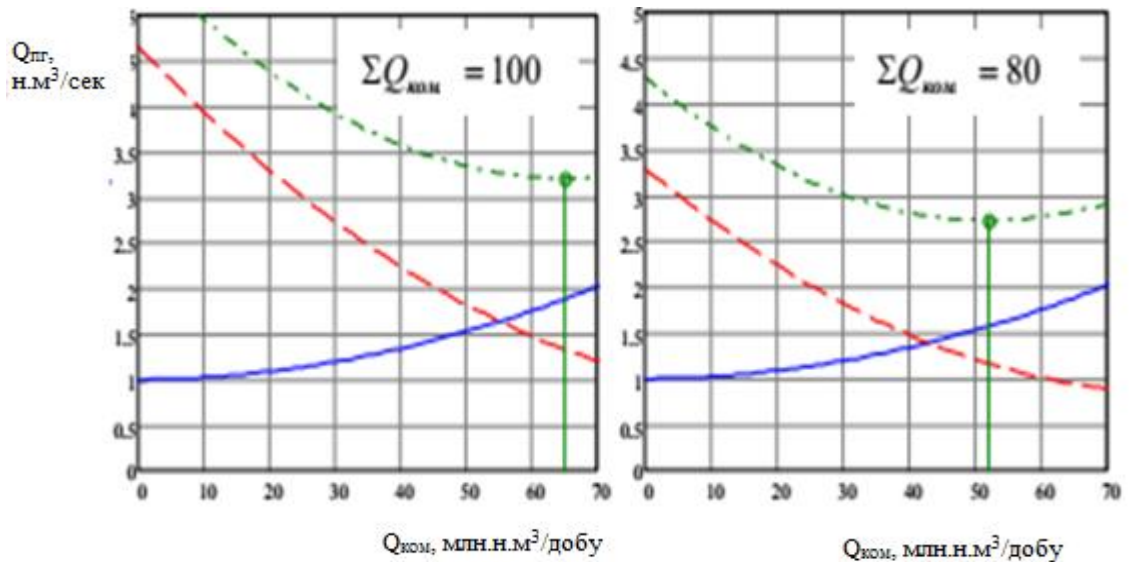
Далі розглянемо випадок спільної роботи двох ГПА різного типу.

На рис. 2.7 показані діаграми спільної роботи ГПА-Ц-16С і ГМК 10ГК для чотирьох різних значень сумарної витрати газу через нагнітачі обох ГПА - 100, 80, 70 та 60 млн.н.м3/добу.

На діаграмах рис. 2.7 для всіх чотирьох різних значень сумарного витрати газу через нагнітачі обох ГПА, що покривають значний діапазон регулювання, відношення оптимальних витрат технологічного газу через ЦБН залишається без змін. Цей факт є прямим математичним наслідком зазначеної вище простоти кривих витратних характеристик ГПА у робочому діапазоні.

Як і в розглянутому вище випадку графік сумарних витрат в околицях мінімуму має дуже незначні зміни.

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

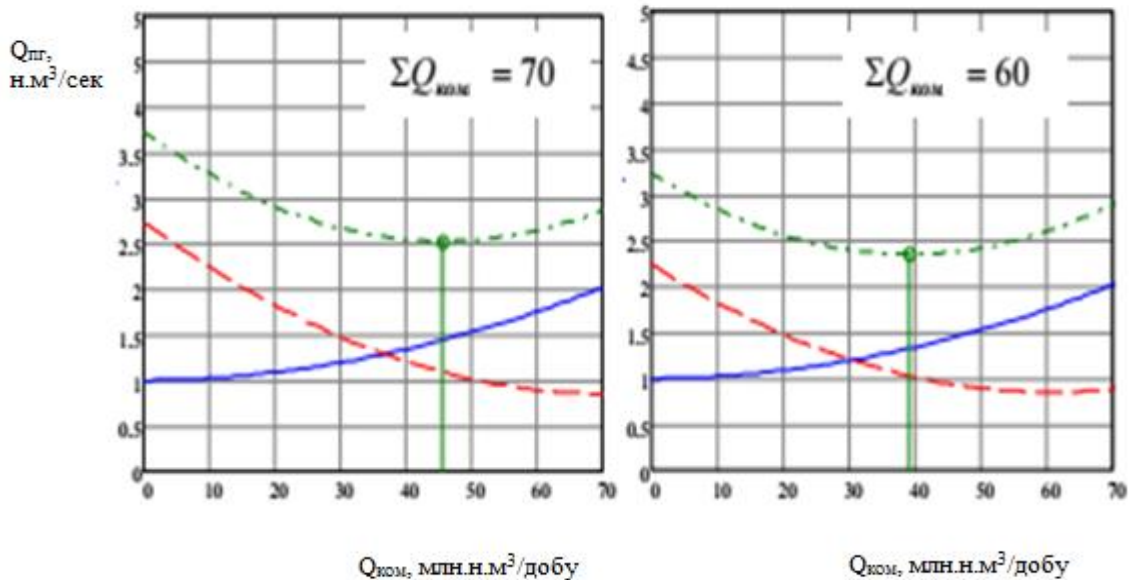


$$Q_{opt1} = 65; Q_{opt2} = 100 - 65 = 35$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_{opt2}}{Q_{opt1}} = \frac{35}{65} = 0.538$$

$$Q_{opt1} = 52; Q_{opt2} = 80 - 52 = 28$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_{opt2}}{Q_{opt1}} = \frac{28}{52} = 0.538$$



$$Q_{opt1} = 45.5; Q_{opt2} = 70 - 45.5 = 24.5$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_{opt2}}{Q_{opt1}} = \frac{24.5}{45.5} = 0.538$$

$$Q_{opt1} = 39; Q_{opt2} = 60 - 39 = 21$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_{opt2}}{Q_{opt1}} = \frac{21}{39} = 0.538$$

Рисунок 2.7 – Діаграми спільної роботи ГПА-Ц-16С (пунктирна лінія) та ГМК 10ГК (суцільна лінія)

2.2.4 Найпростіший спосіб визначення оптимального режиму спільної роботи ГПА

Зазначені факти дають підстави пропонувати варіант простішого способу визначення оптимального режиму спільної роботи ГПА.

Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Знаходження оптимальних витрат технологічного газу через ЦБН можна визначити, розв'язуючи систему рівнянь

$$\begin{cases} i = 1, 2, 3 \dots n \\ Q_i = Q_i \cdot \bar{Q}_i \\ Q_\Sigma = \sum_{i=1}^n Q_i \end{cases} \quad (2.2)$$

де де Q_i – відношення оптимальної витрати технологічного газу через ЦБН i -го ГПА та 1-го ГПА при спільній роботі цих двох ГПА. З урахуванням перетворень

$$Q_\Sigma = \sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot \bar{Q}) = Q_i \cdot \sum_{i=1}^n \bar{Q} \Rightarrow Q_i = \frac{Q_\Sigma}{\sum_{i=1}^n \bar{Q}} \quad (2.3)$$

система рівнянь (2.2) представляється у вигляді послідовно розв'язуваних рівнянь

$$Q_i = \frac{Q_\Sigma}{\sum_{i=1}^n \bar{Q}} \quad \text{и} \quad Q_i = Q_i \cdot \bar{Q} \quad (2.4)$$

Як перший ГПА може бути прийнятий будь-який з працюючих ГПА. Величини Q визначаються для кожного типу працюючих ГПА заздалегідь до початку визначення оптимального режиму спільної роботи всіх ГПА, і систему рівнянь (2.2) включаються в якості відомих констант.

Приклад графічного способу визначення величини Q був показаний на рис. 2.7. Аналітичний розрахунок величини Q для кожного типу спільно працюючих ГПА здійснюється за допомогою системи рівнянь

$$\begin{cases} Q_\Sigma = Q_1 + Q_2 \\ V_{min_1} = f_1(Q_{min_1}) \\ V_{max_1} = f_1(Q_{max_1}) \\ V_{min_1} \leq V_1 \leq V_{max_1} \\ V_{min_2} = f_2(Q_{min_2}) \\ V_{max_2} = f_2(Q_{max_2}) \\ V_{min_2} \leq V_2 \leq V_{max_2} \\ V_1 = f_1(Q_1) \\ V_2 = f_2(Q_2) \\ V_\Sigma = V_1 + V_2 \\ V_\Sigma = \min(V_\Sigma) \\ \bar{Q} = \frac{Q_2}{Q_1} \end{cases} \quad (2.5)$$

Для ГПА того ж типу, що і перша величина Q може бути прийнята рівною одиниці, що вже було показано при розгляді випадку спільної роботи двох ГПА одного типу. Оптимізація під час використання системи рівнянь (2.5) відбуватиметься лише по одній змінній окремо за кожною парою ГПА при розв'язанні відповідної системи рівнянь (2.3). Пошук екстремумів функції однієї змінної є у доступних сучасних програмних засобах, отже оптимізація з

допомогою систем рівнянь (2.2) і (2.3) практично здійсненна. Варто зазначити, що вихідні посилки цього дослідження були спрощені з метою полегшення викладу матеріалу. Для повнішої картини в систему рівнянь оптимізації потрібно внести ще облік змін гідравлічних опорів технологічних трубопроводів та обладнання, такого як встановлення очищення та встановлення охолодження технологічного газу при перерозподілі завантаження між паралельно працюючими компресорними цехами.

Максимальну ж користь від запропонованого алгоритму оптимізації спільної роботи ГПА можна отримати при включенні його до загального розрахунку всього газотранспортного вузла, що включає крім компресорних цехів з усім обладнанням також і магістральні газопроводи.

2.3 Висновки щодо розрахунків перерозподілу навантаження

Вирішення питання оптимального перерозподілу навантаження між спільно працюючим ГПА має велике значення для вирішення задачі зниження витрат на транспорт природного газу, оскільки різниця задачі зниження витрат на транспорт природного газу та різниця витрат між різними варіантами завантаження при збереженні загальних обсягів поставок може досягти 17%. .

Для випадку спільної паралельної роботи ГПА одного типу критерієм оптимізації для них з допустимою точністю є рівність витрати газу через нагнітач ГПА.

Вирішення у загальному вигляді задачі пошуку оптимального режиму спільної паралельної роботи ГПА у кількості понад 3 шт. має складність прикладного математичного характеру.

У цій роботі запропоновано спосіб усунення зазначених складностей прикладного математичного характеру під час вирішення завдання у представленому вигляді. Для цього використовуються виявлені в ході дослідження закономірності, що враховують газодинамічні та термодинамічні характеристики газотранспортного обладнання.

2.4 Автоматизована система керування технологічними процесами

Інформаційні технології охоплюють всю обчислювальну техніку, техніку зв'язку, промислову електроніку і все більшою мірою побутову електроніку, телебачення та радіомовлення. Вони знаходять застосування у промисловості, торгівлі, управлінні, освіті, медицині та науці.

Завдяки прогресу багатопроекторної техніки сьогодні відбуваються якісні перетворення не лише в галузі настільної комп'ютерної техніки та мережевих технологій, а й у сфері комп'ютеризації управління технологічними організаційними структурами, технологічними процесами та промисловими виробами. У цій сфері широко застосовуються

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
						37
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

численні локальні та розподілені мікропроцесорні системи збору, реєстрації, обробки та відображення інформації, управління складними динамічними об'єктами та процесами. Створюються ці системи на основі вбудованих мікропроцесорів, мікрокомп'ютерів та мікроконтролерів вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) – це комплекс програмних та технічних засобів, призначений для автоматизації управління технологічним обладнанням на підприємствах.

Під АСУТП ми розуміємо комплексне рішення, що забезпечує автоматизацію основних технологічних операцій технологічного процесу на виробництві загалом або на якійсь його ділянці.[11]

Як правило, АСУТП є розподіленою системою, розбитою на підсистеми, які виконують певні автономні функції та мають зв'язок з центром. Кожна така підсистема (вузол управління) може працювати автономно та у взаємодії з іншими підсистемами (вузлами управління).

Інформація з усіх підсистем (вузлів управління) збирається в центральній (диспетчерській) системі (SCADA), яка керує взаємодією всіх вузлів управління, забезпечує операторський нагляд за системою та надає можливість ручного управління.[6]

Розподілена структура АСУТП істотно підвищує надійність усієї системи в цілому, оскільки вихід з ладу однієї підсистеми не впливає на працездатність іншої та дозволяє коректно відпрацювати аварійні ситуації. А також час відновлення частини значно нижчий, ніж час відновлення цілої системи.

Як правило, АСУТП має єдину систему операторського управління технологічним процесом у вигляді одного або кількох терміналів управління (SCADA), засоби архівування інформації про роботу системи. Для інформаційного зв'язку всіх підсистем використовуються промислові мережі.

З метою виконання завдання з автоматизації процесу газоперекачування запропоновано розробити АСУ ТП перекачкою газу газоперекачувальною станцією, яка б виконувала наступні задачі: моніторинг та контроль роботи станції, управління процесами осушки та підігріву газу, автоматизований контроль дотримання температурного режиму головного електродвигуна та управління процесом перекачки газу у ГПА. У відповідності до поставлених завдань розроблені такі контури автоматизованого управління газоперекачувальним процесом: контур системи моніторингу стану ГПС, контур управління процесом осушки газу, контур управління процесом підігріву газу та контур автоматизованого управління головним електродвигуном.

Контур системи моніторингу стану ГПС

Функціональна схема контуру системи моніторингу стану газоперекачувальної станції показаний на рис. 2.8. ПЛК отримує інформацію з датчика температури головного

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

електродвигуна та за допомогою перетворювача частоти[15] керує двигуном масляного насосу, який змінює тиск у системі охолодження, пришвидшуючи циркуляцію охолоджувальної рідини в ній. Таке керування дозволяє змінювати ступінь нагріву головного двигуна. Для визначення ймовірних проблем з системою охолодження головного двигуна, у магістраль охолоджувального мастила встановлено датчик тиску, якщо в системі зникає тиск – то або вона втратила герметичність, або не працює охолоджувальний насос. Відповідна індикація буде виведена на панель оператора.

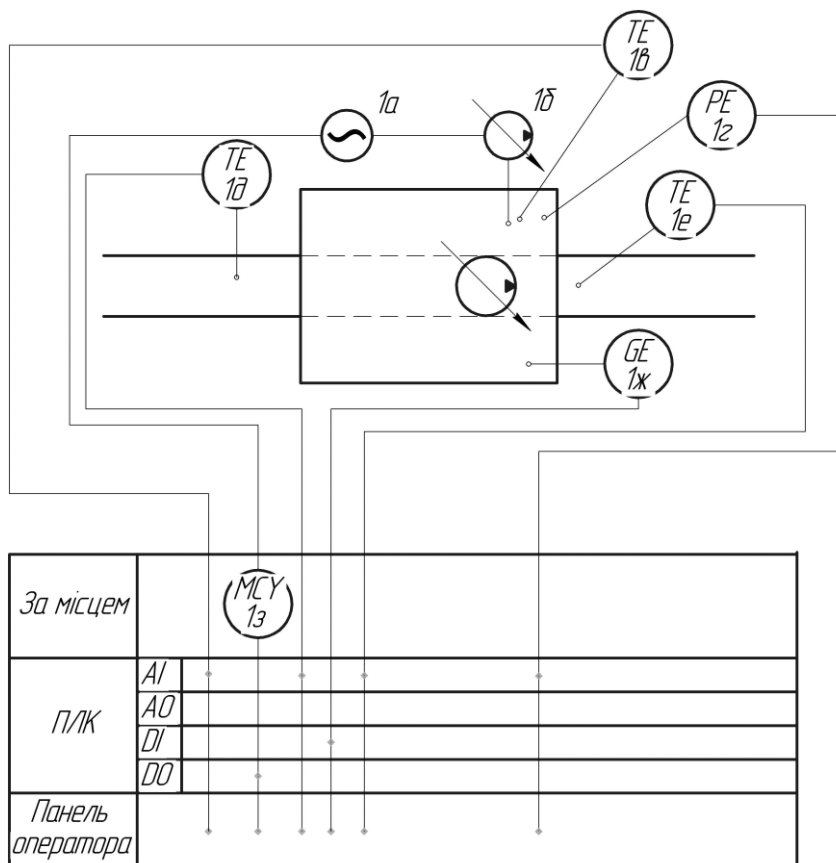


Рисунок 2.8 – Функціональна схема контуру моніторингу стану ГПС

В той же час ПЛК отримує інформацію з датчиків температури та іскроутворення, виконуючи таким чином моніторинг роботи ГПС.

Контур управління процесом осушки газу

Функціональна схема контуру управління процесом осушки газу представлений на рис. 2.9.

Процес осушки газу організований за допомогою ШІМ-регулятора. На ПЛК надходить інформація з датчика вологості перекачуваного газу. У відповідності до отриманих показників, ПЛК посилає електроімпульсні сигнали на ШІМ-регулятор та, відповідно, керує двигуном насосу системи охолодження, який, в свою чергу, змінює чинники відстежуваного параметра – вологості газу.

Контур управління процесом підігріву газу

Функціональна схема контуру управління процесом підігріву газу наведена на рис. 2.10. Для отримання оптимальної температури газу використовується датчик температури, інформація з якого надходить до ПЛК, який через ШІМ-регулятор виконує керування процесом підтримання необхідної температури газу.

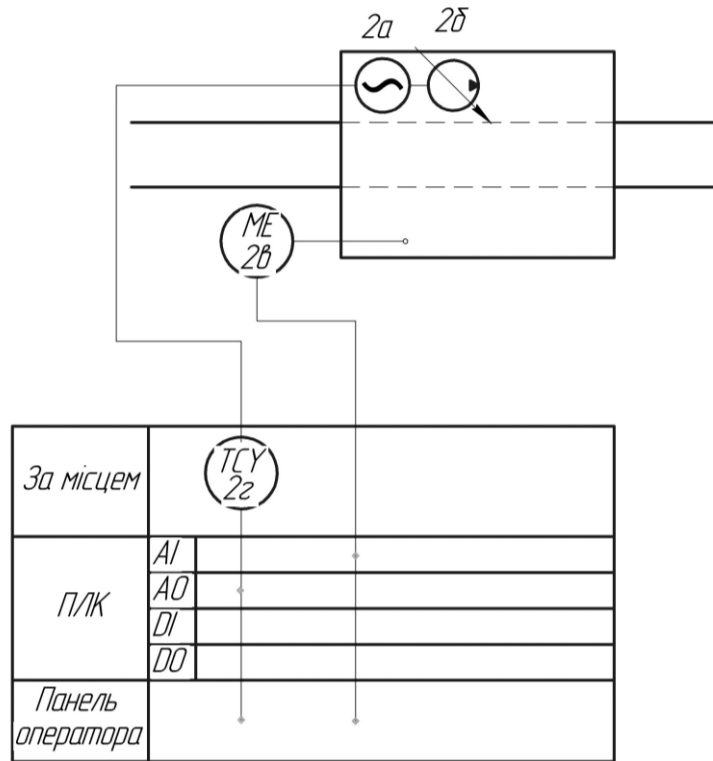


Рисунок 2.9 – Функціональна схема контуру управління процесом осушки газу

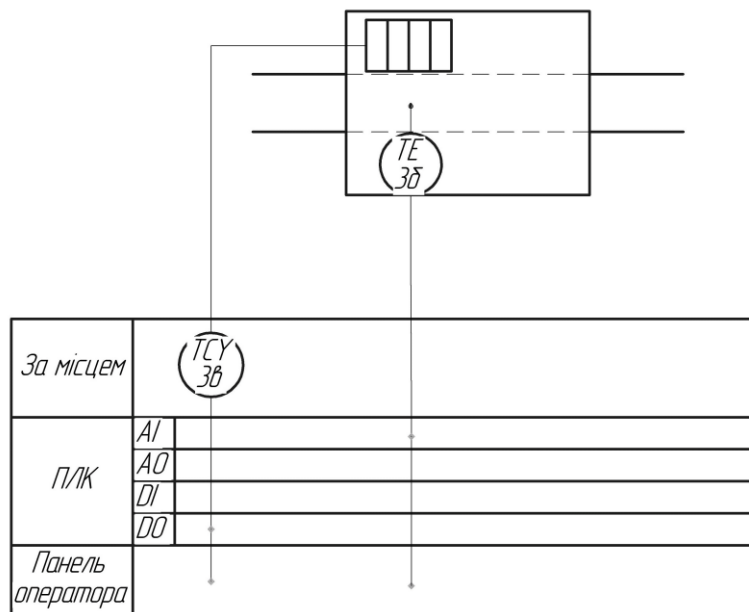


Рисунок 2.10 – Функціональна схема контуру управління процесом підігріву газу

Контур автоматизованого управління головним двигуном

Функціональна схема контуру автоматизованого управління головним двигуном показана на рис. 2.11.

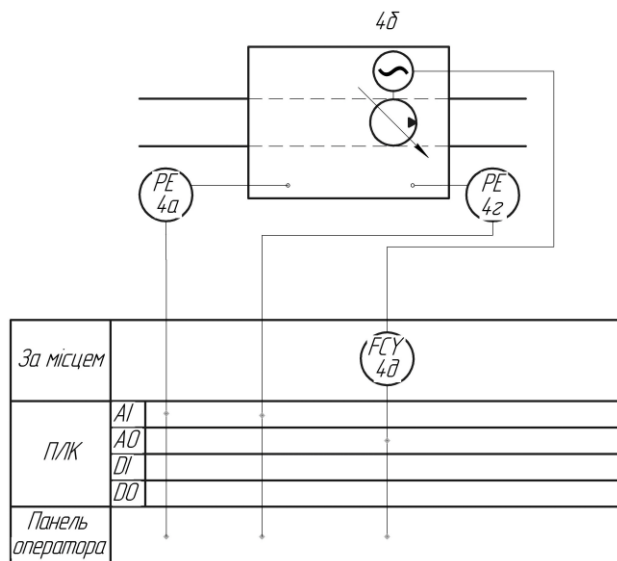


Рисунок 2.11 – Функціональна схема контуру автоматизованого управління головним двигуном

Четвертий контур – контур автоматизованого управління головним двигуном, який входить до обраних об’єктів автоматизації, працює наступним чином: програмований логічний контролер отримує інформацію від датчиків тиску газу.[21] Датчики встановлено на вході та виході, і на основі їхніх диференціальних показів ПЛК розраховує необхідність зміни впливу на двигун головного насосу. Далі ПЛК надсилає електричні сигнали на перетворювач частоти, який керує головним двигуном насосу процесу перекачування газу.

Температурний стан головного двигуна, щоб подовжити строк його служби, відслідковується у контурі моніторингу стану системи.

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОЮ СТАНЦІЄЮ

3.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів

При виборі приладів та технічних засобів автоматизації необхідно враховувати характер технологічного процесу, умови пожежо- та вибухонебезпечності, токсичність та агресивність навколишнього середовища; параметри та фізико-хімічні властивості вимірюваного середовища; дальність передачі сигналів інформації від місця встановлення вимірюваних перетворювачів до пунктів контролю та управління. Вимоги до якості роботи системи автоматичного контролю включають основні метрологічні дані: точність виміру; поріг чутливості; швидкодія системи.[13]

При виборі датчиків для вимірювання надлишкового тиску, рівня і температури враховуються: діапазон вимірювань, наведена основна похибка, робота у вибухонебезпечному середовищі, зручність монтажу та обслуговування, ціни. Порівняльні характеристики датчиків наведено у табл. 3.1, 3.2, 3.3.

За характеристиками датчики тиску серії Метран -150 призначені для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання та керування технологічними процесами. Датчик Метран-150 є відносно недорогим.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики датчиків вимірювання тиску

Характеристика	Метран-150	Rosemount CDS-3151	Сапфір-22ДІ
Мін	0-0,04	0,25	0,15
Макс		40	60
Основна похибка вимірювання, %	0.1	0.1	0,15
Вибухозахисне виконання	Ex, Bh	Exd, Exia	Exsd
Вихідний сигнал, мА	0-5; 4-20	4-20	4-20; 0-5; 0-20

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики датчиків для вимірювання температури

Характеристика	Метран-276	ТКП-10М1
Межі виміру, °С	-50...+180/ 0...+500	-25..+35; -25..+75; 0..+100; +100..+200; +200..+300
Похибка, %	±0,5; 1	1; 1,5
Форма подання інформації вихідний сигнал, мА	0..5; 4...20	0...5; 4..20
Вибухозахисне виконання	Exia, Exd	Ex

Для вимірювання температури на вхідному та вихідному колекторах використані датчики Метран – 276, що задовольняють усі вимоги, а також є відносно не дорогим.

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
						42
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики витратомірів газу

Характеристика	Метран-350	СУРГ 1.000-Ех
Швидкість газу, м ³ /год	До 2400	До 7500
Робоча температура, °С	від -40 до +400; від -180 до +600	від -30 до +150
Вихідний сигнал, мА	4...20	4...20
Точність, %	±0,8 %	±5%
Робочий тиск, МПа	25	5

Для вимірювання витрати стисненого газу в корпусі використано датчик Метран – 350, що задовольняє всім вимогам. Датчик Метран - 350 є відносно не дорогим.

3.2 Критерії вибору мікроконтролера

Об'єкт управління – компресорної станції, що передбачає використання SCADA систем диспетчерського контролю, збору даних та управління технологічними об'єктами. Архітектура АСУТП носить централізований характер - це означає, що архітектура системи має у своєму складі для кількох технологічних об'єктів один мікропроцесорний контролер.

До складу SCADA систем входять такі складові:

- АРМ оператора;
- рівень мікропроцесорного контролера;
- рівень польових приладів.

Функцію взаємодії диспетчерського пункту з технологічним обладнанням у системі контролю та управління несе мікропроцесорний контролер, який є основою будь-якої системи диспетчерського контролю та управління.

Дані з датчиків надходять у контролер, де вона обробляється і за результатами обробки виробляється керуючий вплив. Оброблені дані надходять на диспетчерський пульт, де простежується весь процес управління та регулювання, при необхідності відбувається втручання оператора в хід технологічного процесу. Мікропроцесорний контролер, який використовується в системі, повинен забезпечувати виконання таких функцій:

- введення/виведення, аналогово-цифрове перетворення, усереднення, масштабування, фільтрацію від перешкод, перевірку та достовірність;
- обмін даними із робочою станцією;
- виконання дистанційних команд з робочою станцією;
- автоматичне управління та регулювання.

Обмін інформацією між контролером та комп'ютером повинен здійснюватися через послідовний порт RS-232 чи RS-485.

					СУдн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

3.3 Обґрунтування вибору мікроконтролера

ПЛК являють собою пристрій, який призначений для збору, перетворення, обробки, зберігання інформації та вироблення команд управління. Вони реалізовані на базі мікропроцесорної техніки та працюють у локальних та розподілених системах управління відповідно до заданої програми користувача. Від невеликих до потужних та високошвидкісних систем ПЛК забезпечують найвибагливіших замовників вичерпними можливостями та гнучкістю при реалізації сучасних мережевих рішень у розподілених системах управління та контролю.

При виборі програмованого логічного контролера необхідно враховувати такі фактори:

- характер застосування;
- функціональне призначення;
- кількість входів та виходів (цифрових та аналогових);
- необхідна швидкість передачі даних;
- наявність автономного лічильника часу;
- умови реєстрації та зберігання даних;
- можливість самодіагностики;
- вимоги до панелі оператора;
- мова програмування;
- інтерфейс;
- канали зв'язку (провідний, бездротовий);
- режим та умови експлуатації.

3.3.1 Контролери Siemens SIMATICS7-400

SIMATICS7-400 – це модульний програмований контролер, побудови систем автоматизації середнього та високого ступеня складності (рис. 3.1).

Модульна конструкція, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального та розподіленого введення-виведення, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних лише на рівні операційної системи, зручність експлуатації та обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного управління у різних галузях промислового виробництва.

Ефективному застосуванню контролерів сприяє можливість використання кількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкою гама модулів вводу-виводу дискретних та аналогових сигналів, функціональних модулів та комунікаційних процесорів.

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



Рисунок 3.1 – Контролер Siemens SIMATIC S7-400

Програмовані контролери SIMATIC є базовою системою автоматизації всіх галузей промислового виробництва, що об'єднує у своєму складі стандартну апаратуру управління та широку гаму промислового програмного забезпечення.[12]

Висока гнучкість, можливість використання систем розподіленого введення-виведення, широкі комунікаційні можливості. Простота розширення системи під час модернізації об'єкта.

Технічні характеристики:

- висока продуктивність контролера SIEMENS завдяки наявності великої кількості вбудованих функцій;
- ступінь захисту IP20 відповідно до IEC529;
- діапазон робочих температур при горизонтальній установці 0...60°C (-25...60°C- Outdoor), при вертикальній установці 0...40°C (-25...40°C- Outdoor);
- відносна вологість 5.95%, без конденсату (RH рівень складності 2 відповідно до IEC1131-2);
- атмосферний тиск 795...1080 ГЩ;
- ізоляція ланцюга = 24 В - випробувальна напруга = 500 В;

Декілька типів центральних процесорів різної продуктивності та широкий спектр модулів з безліччю вбудованих функцій суттєво спрощують розробку систем автоматизації на основі SIMATICS7-400. Центральні процесори різної продуктивності із вбудованими інтерфейсами PROFIBUSDP. Для підвищення продуктивності в одному базовому блоці може використовуватися до 4 центральних процесорів. Всі центральні процесори мають високу

швидкодію та детерміноване час відгуку. Всі центральні процесори оснащені комбінованим інтерфейсом програмування та PROFIBUSDP, через який може підключатися до 125 програматорів/комп'ютерів та панелей операторів. Цей інтерфейс дозволяє підключати до 31 відомих пристроїв PROFIBUSDP.

Модулі центральних процесорів:

- для використання на невеликих підприємствах з вирішенням завдань автоматизації середнього рівня складності CPU412-1 та CPU412-2.
- для використання на підприємствах середнього розміру з рішенням завдань, що вимагають використання програм великого обсягу,
- високої швидкості обробки інформації, комунікаційного обміну даними: CPU414-2, CPU414-3, CPU414-3 PN/DP.
- для підприємств, що вимагають від систем автоматизації найвищої продуктивності CPU416-2, CPU416-3, CPU416-3 PN/DP:
- для підприємств, що вимагають від систем автоматизації найвищої продуктивності CPU417-4 DP.

3.3.2 Контролери АВВАС 800М

Контролер АС 800М являє собою модульний контролер з багатим набором функцій зв'язку, а також повною резервованістю та підтримкою великої кількості систем введення-виведення (рис. 3.2). При використанні з програмою CompactControlBuilder АС 800М може застосовуватися в будь-якому рішенні керування. Повторне використання кодів та бібліотек, готових до застосування функцій, також забезпечує ефективність конфігурації та установки.



Рисунок 2.9 – Контролер АВВАС800М

Серія АС 800М заснована на шинних модулях і включає центральні процесори та модулі зв'язку, модулі електроживлення та набори додаткового обладнання. У широкий спектр пристроїв введення-виведення, які підтримуються контролером АС 800М, входять також іскробезпечні типи.

Надійний зв'язок і модулі вводу-виводу включають додаткові порти RS-232C для підключення систем і пристроїв сторонніх виробників, інтерфейси PROFIBUS і FOUNDATION для інтеграції систем вводу-виводу і доступу до багатьох польових пристроїв, а також модулі серії S800I/O як прямі.

П'ять модулів ЦП розрізняються за потужністю, обсягом пам'яті та підтримкою резервування, починаючи з економічних середньої потужності до високопотужних з повним резервуванням. Кожен із них оснащений вбудованими Ethernet-портами для зв'язку з іншими контролерами та взаємодії суператорами, інженерами, менеджерами та високорівневими додатками. Якщо експлуатаційна готовність має надзвичайне значення, ці порти можна настроїти для резервування.

Масштабованість - основна властивість контролера АС 800М. Модульна конструкція робить його однаково ефективним для невеликих та великих інтегрованих автоматизованих систем. Для простого використання CompactProducts800 базовий блок контролера може включати контролер, модуль живлення та локальні модулі введення-виведення. Для розширення просто додайте необхідний ЦП, модуль введення-виведення, модуль зв'язку та варіанти електроживлення. Серія АС 800М спрощує відповідність конфігурації контролера вимогам керування.

Резервування доступне у всіх суттєвих областях контролера АС 800Мі пов'язаних з ним компонентах, наприклад, електроживлення, ЦП, лінії зв'язку та ланцюга введення-виведення. Використання всіх можливостей резервування усуває небезпеку відмов через несправність одного компонента та забезпечує максимальну експлуатаційну готовність. Кінцевий результат проявляється у підвищенні продуктивності та прибутку.

Модульний контролер АС 800М оснащений багатим набором функцій зв'язку, а також повною резервованістю та підтримкою великої кількості систем введення-виведення. Разом з CompactControlBuilder і серіями модулів введення-виводу, наприклад S800 і S800, він дозволяє керувати широким спектром промислових технологічних завдань.

3.3.3 Контролери ICPDASWinCon

Контролери серії WinCon-8000 (рис. 3.3) є останнім поколінням промислових контролерів виробництва компанії ICPDAS. WinCon-8000 придбав нові можливості завдяки використанню високопродуктивного процесора IntelStrongARM з тактовою частотою 206 МГц та оперативної пам'яті 64 Мб.

					СУдн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



Рисунок 3.3 – Контролер ICPDASWinCon-8000

WinCon-8000 може застосовуватися для вирішення найрізноманітніших завдань автоматизації у багатьох галузях промисловості. До нього можна підключати не тільки модулі віддаленого введення-виводу аналогових та дискретних сигналів, але й будь-які інші пристрої: принтери, модеми, POS-термінали, інші комп'ютери та контролери, словом все, що може обмінюватися даними через послідовний або USB-порт. Таким чином, завдяки новому контролеру ваша система або її окремий сегмент можуть мати досить складну конфігурацію і топологію, залишаючись при цьому надійною і простою в налаштуванні та управлінні.

Основні характеристики:

- робочий температурний діапазон: від -25 до +60 ° C;
- підтримка RS-232/485, Modbus TCP, Modbus RTU, DCON, Ethernet, CANOpen, DeviceNET;
- розвинена система програмування;
- вбудовані функції діагностики;
- великий вибір модулів вводу/виводу;
- сертифікат відповідності ГОСТ Р;
- сертифікат про затвердження типу засобів вимірювань.

Компанія ICPDAS пропонує широкий спектр контролерів для створення сучасних систем автоматизації з високою швидкістю та різними можливостями.

PC-сумісні контролери з вбудованими операційними системами: Windows, Linux та MiniOS7.

Серія контролерів WinCon-8000 є подальшим розвитком серії I-8000. Тепер це навіть не контролер, а повноцінний комп'ютер. Він розроблений на базі процесора IntelStrongARM206МГц, має вбудований відеоконтролер з портом VGA, роз'єм USB, PS/2 для маніпулятора та клавіатури, а також можливість підключення накопичувачів стандарту CompactFlash. Все це дозволяє використовувати цей контролер як повноцінний промисловий комп'ютер. У той же час WinCon зберігає апаратну наступність і повністю сумісний з усіма

модулями введення-виведення серії I-8000. I, насамкінець, операційна система реального часу WindowsCE.NET дозволяє програмувати WinCon, використовуючи VisualBasic .NET, VisualC#, EmbeddedVisualC++, і навіть сучасні SCADA-системи.

3.4 Порівняльний аналіз програмованих контролерів

Порівняльний аналіз технічних характеристик вищеписаних програмованих контролерів наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Зведена таблиця технічних характеристик

Тип контролера	Simatic S-400	AC 800M	ICPDAS WinCon
Процесор	До 200 MHz	24-95 MHz	До 206 MHz
ОЗУ	16-512 Kb	8-32 Mb	64 Mb
Flash-пам'ять	До 8Mb	4 Mb	14 Mb
Число входів/виходів	1024	24-96	24-96
Число комунікаційних з'єднань	6-32	50	64
Робоча температура	-25 - +60	+5 - +55	-25 - +60
Ударостійкість	30 G	20 G	20 G
Ethernet, RS-232, RS-485, Modbus та ін.	+	+ подвійні	+
ОСРВ	+	+	+
ПЗ	STEP 7, PCS 7	ControlBuilder	Visual C#, Embedded

Аналіз переваг та недоліків вищенаведених ПЛК подано в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Порівняльний аналіз ПЛК

Контролер	Переваги	Недоліки
ABBAC 800M	1. Резервування всіх видів харчування, всіх каналів зв'язку на всіх рівнях системи дозволяє побудувати надійні та стійкі до відмови системи управління. 2. Підтримка величезної кількості каналів вводу/виводу, а також комунікаційних каналів, дозволяє будувати гнучкі системи.	1. Величність виконання систем. 2. Деякі труднощі з монтажем.
Siemens Simatic S-400	1. Хороше співвідношення ціна/якість/функціональність 2. Великий різновид центральних процесорів. 3. Велика поширеність.	1. Використовується досить застаріла на даний момент операційна система.
ICPDAS Wincon-8000	1. Низька вартість апаратних средств. 2. Використання відкритих протоколів, що дозволяє інтегрувати одну систему пристрою широкого спектра виробників. 3. Простота інтеграції з системами управління вищого рівня, що дозволяє спростити доступ до даних технологічних процесів сторони систем керування підприємством.	1. Нестабільна робота програмного забезпечення.

Серед широкого спектру промислових контролерів, розробникам АСУ ТП складно обрати виробника. Важливо не забувати про такі характеристики як можливість ремонту

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

контролерів та наявність післягарантійного обслуговування у представництвах цих компаній. Також важливою є наявність самого представництва. До систем автоматизації, що використовуються у науково-дослідних установках, висуваються інші вимоги, такі як широкий діапазон сигналів керування та вимірювання, точність аналогових сигналів, похибка, швидкодія системи та можливість розширення або зміни структури системи.[14] Системи фірм SIEMENS та ABB задовольняють цим вимогам у більшості випадків. На базі контролерів ABB та Siemens можна створити гнучкі структури систем будь-якої складності, які легко розширюються.

Часто, за допомогою контролерів доводиться обслуговувати різні діагностичні пристрої, які вимагають наявності великої кількості каналів вимірювання аналогового сигналу або нетривіальні алгоритми управління. Для вирішення завдань такого типу необхідно мати відповідні програмні пакети для розробки вбудованого програмного забезпечення контролерів. Простота та відкритість програмного забезпечення багато в чому впливає на швидкість розробки системи управління загалом. Не маловажним фактором є вартість контролерів, оцінку якої складно зробити абстрактно, не враховуючи особливості застосування у різних умовах експлуатації.

Існує безліч контролерів різних типів, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Ми можемо довго обговорювати їх. У цій роботі для розробки автоматизованої системи керування ми використовуємо головним контролером Siemens Simatic S- 400. Контролер Siemens Simatic S- 400 має широкий спектр можливостей для налаштування та програмування. Це робить його гнучким інструментом для різних промислових застосувань. Ідеологія програмного забезпечення РСМ 600 передбачає використання контролерів серії Siemens Simatic S- 400. Згідно з проведеним аналізом, цей контролер добре підходить для вирішення промислових завдань та забезпечує необхідний для гахоперекачувального комплексу ступінь надійності та безвідмовності технологічного процесу. Головний насос – Молдовахидромаш ЦГ 50/50 К-15-1 – управляється за допомогою ПЛК Siemens Simatic S- 400 через перетворювач частоти Danfoss VLT HVAC Drive FC-34.

В результаті проведеного аналізу обрано обладнання для реалізації системи та побудована електрична принципова схема (Додаток В). Вхідні елементи (датчики, джерела живлення) розташовані зліва. В центрі представлений ПЛК – мозок системи – який на основі отриманої інформації з датчиків здійснює керування головним двигуном, системою моніторингу стану ГПС, виконує управління процесами осушки та підігріву газу. Справа розміщені перетворювачі частоти та виконуючі механізми. В якості датчиків та виконуючих механізмів обрано наступне обладнання: головний насос: Молдовахидромаш ЦХ 50/50 К-15-1, датчики температури: Метран-276, ТКП-10М1 датчики тиску: Rosemount CDS-3151, Сапфір-22ДІ, Метран-150, аналоговий вхідний модуль для ПЛК – Siemens SM332, аналоговий вихідний модуль – Siemens SM332; магнітні перемикачі – ABB ESB24-40 (в якості ШІМ-регуляторів для насоса охолодження головного агрегату та підігрівача газу, насос – Saer IR для сиситеми осушення газу, блок живлення – Siemens Sitor PSU 100С, перетворювачі частоти для насосу осушення газу та головного насосу ГПА: Danfoss FC-34, підігрівач газу: Ermaf GP-95, насос-охолоджувач головного агрегату – Мотор-СІЧ У12.

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ В SCADA – СИСТЕМІ

Розроблено систему контролю та управління технологічним процесом із застосуванням SCADA-системи Genesis32. Розроблена система може застосовуватись у системах контролю, управління та збору даних на різних промислових підприємствах.

При надходженні газу через газопровід, він проходить пиловловлювачі і надходить у всмоктуючий колектор.[20] Після стиснення компресорами, газ направляється в нагнітальний колектор, з якого, при необхідності, надходить в охолоджувачі газу або, минаючи їх, на установку одоризацій газу, далі – на заміру кількості газу і потім вже в магістральний газопровід. Встановлені на всмоктувальному і нагнітальному колекторах маслоуловлювачі уловлюють частину масла, що відноситься газом з пиловловлювачів і компресорних машин.

Система контролю та управління дозволяє забезпечити ефективно та безпечно функціонування обладнання. Вона також дозволяє операторам швидко реагувати на будь-які зміни в технологічному процесі та приймати своєчасні рішення. Система також забезпечує збереження даних про роботу обладнання та технологічний процес для подальшого аналізу. Це дозволяє операторам виявляти проблеми та покращувати ефективність роботи обладнання.

Система контролю та управління також дозволяє автоматизувати багато процесів, що зменшує ризик помилок оператора та покращує ефективність роботи обладнання. Вона також дозволяє операторам виконувати свої завдання здалеку, що забезпечує більшу гнучкість у роботі.[22]

Для авторизації у системі необхідно ввести логін та пароль адміністратора. Нижче наведено головний екран системи (рис. 4.1)

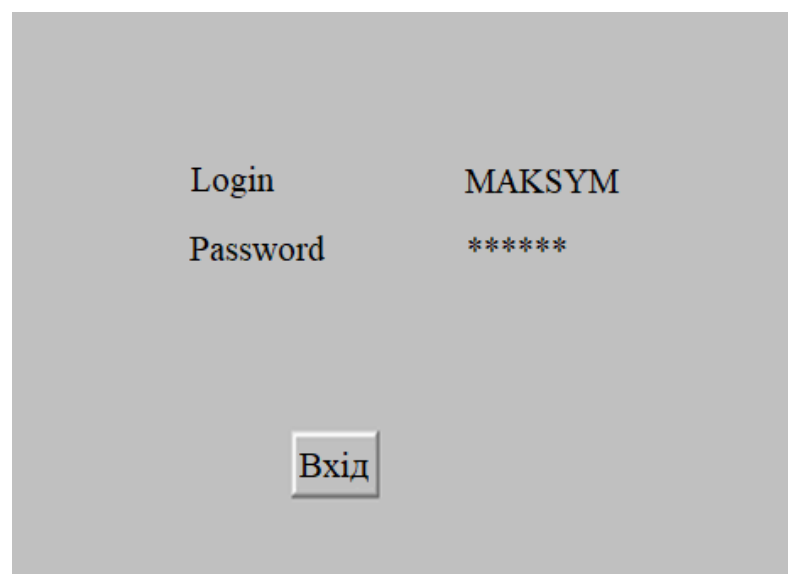


Рисунок 4.1 –Головне вікно

Після введення правильного логіну та пароля, за натисканням на кнопку «Вхід», переходимо у вікно «Схема КС» (рис.4.2).

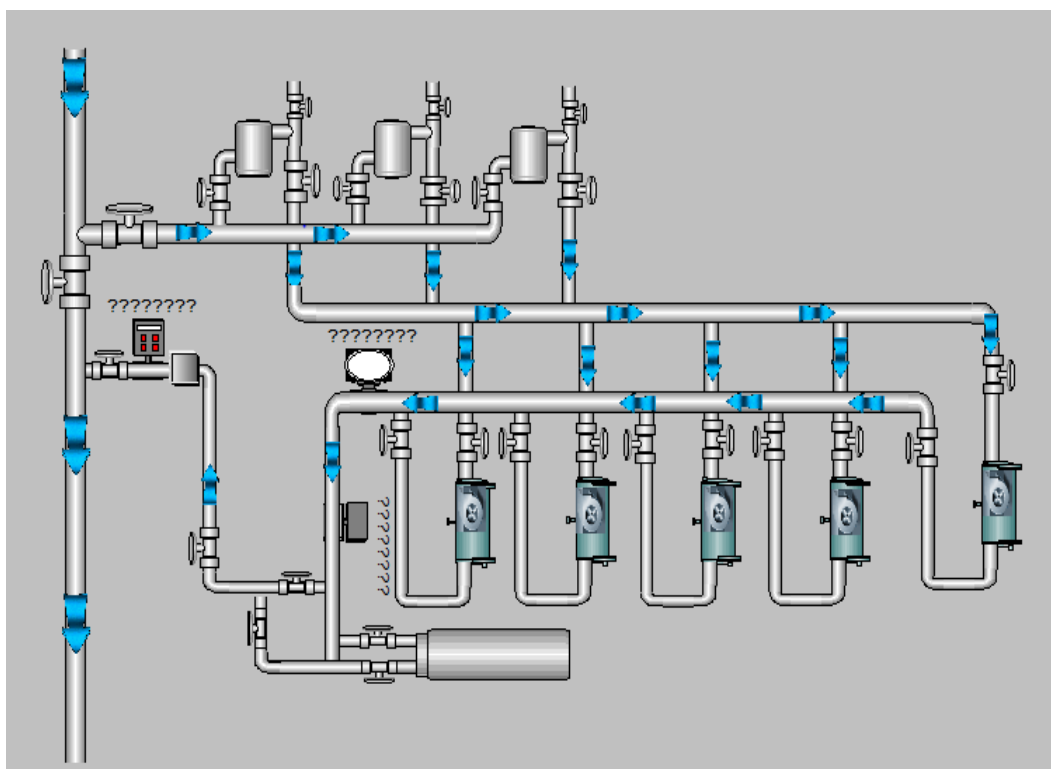


Рисунок 4.2 – Схема КС

В автоматичному режимі клапана відкриваються за прописаною умовою (рис. 4.3)

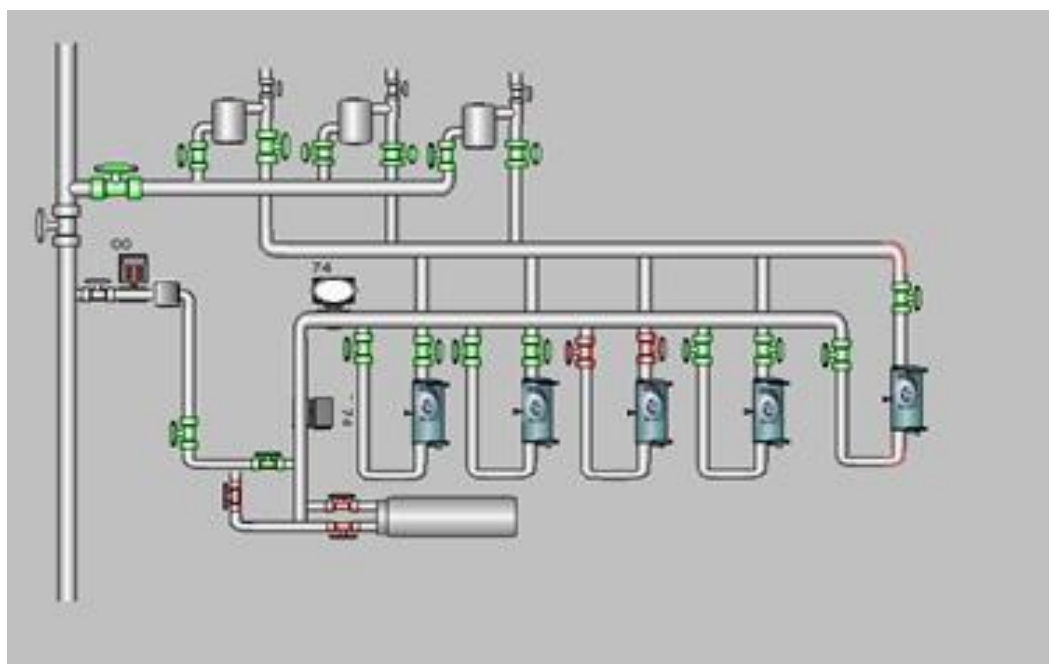


Рисунок 4.3 – Автоматичний режим роботи

На рис. 4.4 показано схему роботи газопоршневого компресора.

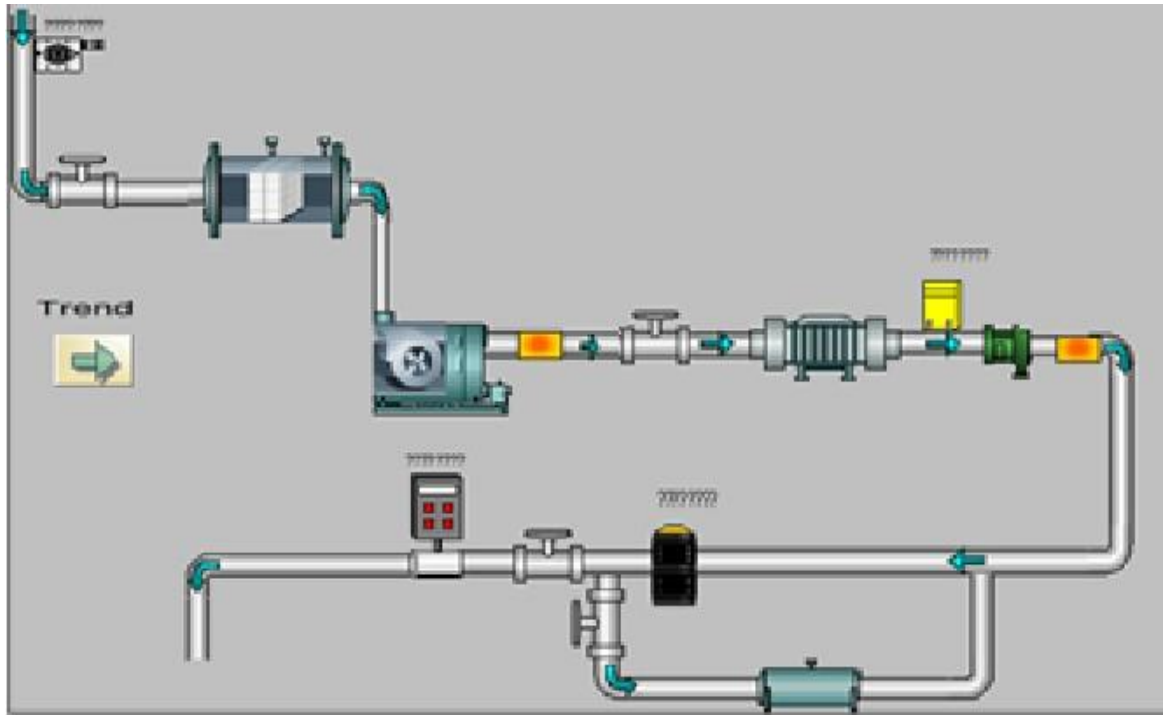


Рисунок 4.4 – Схема ГМК

В автоматичному режимі клапани відкриваються за прописаною умовою (рис. 4.5).

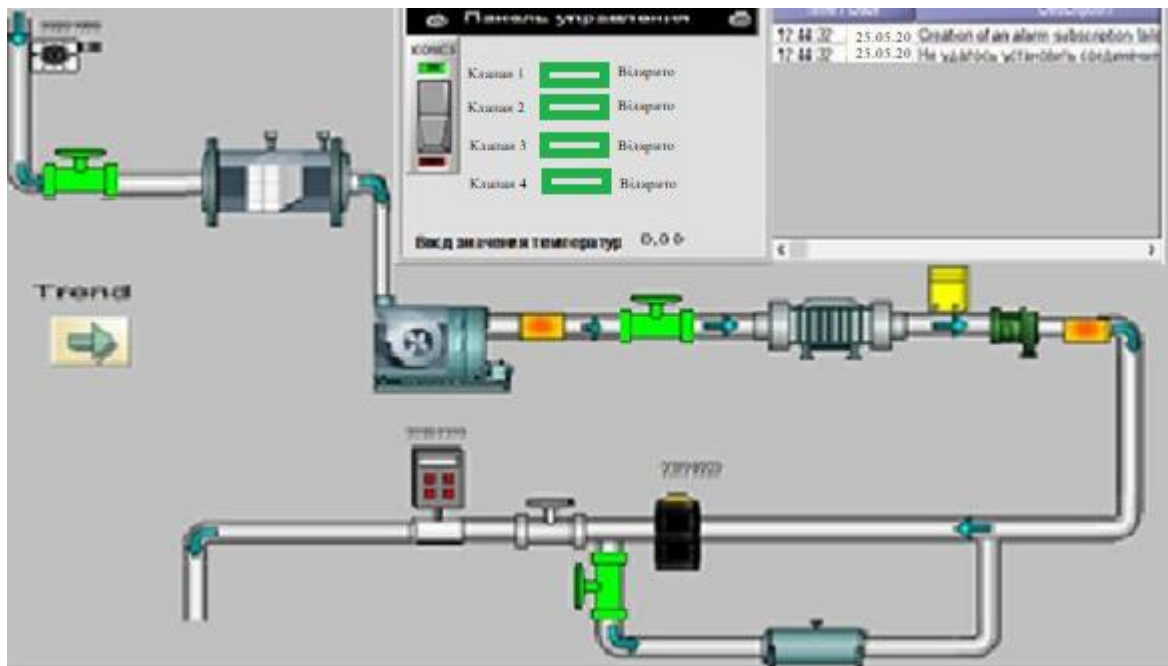


Рисунок 4.5 – Схема в автоматичному режимі роботи

У ручному режимі клапана відкриваємо згідно з умовою (рис. 4.6).

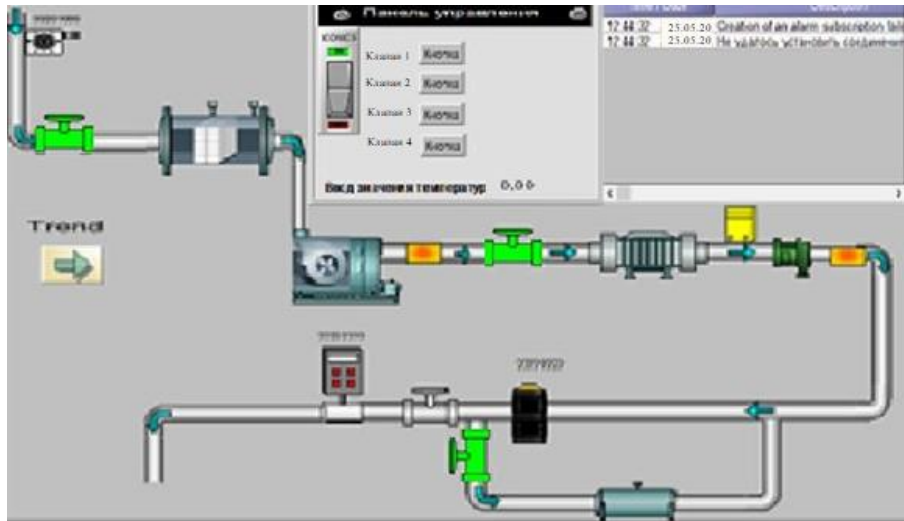


Рисунок 4.6 – Схема в ручному режимі роботи

Якщо температура в печі підігріву газу виходить за межі допустимого, то виводиться повідомлення про аварію (рис. 4.7).

Time / Date	Description
15:19:11 25.05.202	Витік газу LOLO Limit

Рисунок 4.7 – «Alarms»

На тренді подано графічні зміни значень показань датчиків (рис. 4.8).

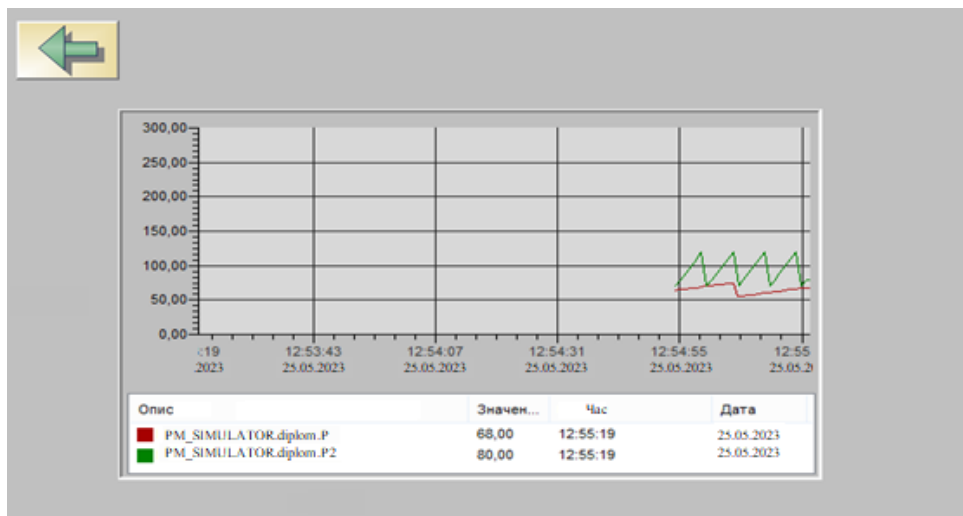


Рисунок 4.8 – Тренд

Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ

В рамках даної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр проведено аналіз сучасного рівня автоматизації газоперекачувальних станцій. Описані технічні можливості та надано технічну характеристику ГПА-Ц-16С. Проведено порівняльний аналіз сучасних газоперекачувальних станцій.

Виходячи з проведеного аналізу, об'єктом автоматизації обрано газоперекачувальну станцію з агрегатами Ц-16С. Поставлено задачі проектування, що належать вирішенню в рамках проекту.

В другому розділі описано концепцію автоматизованої системи керування ГПА-Ц-16С. Для виконання поставлених завдань автоматизації створено функціональну схему автоматизації. Описано способи взаємодії між елементами системи, та принципи формування вхідних та вихідних параметрів.

У відповідності до поставлених завдань розроблені такі контури автоматизованого управління газоперекачувальним процесом: контур системи моніторингу стану ГПС, контур управління процесом осушки газу, контур управління процесом підігріву газу та контур автоматизованого управління головним електродвигуном.

Обрано обладнання, що використовується для побудови об'єкта автоматизації. Здійснено вибір необхідного набору датчиків, ПЛК та виконавчі механізми.

На основі викладеної інформації створено:

- схему інформаційно-матеріальних потоків (див. додаток А)
- функціональну схему автоматизації (див. додаток Б)
- схему електричну принципову (див. додаток В)

В рамках четвертого розділу розроблено систему контролю та управління технологічним процесом із застосуванням SCADA-системи Genesis32. Розроблена система може застосовуватись у системах контролю, управління та збору даних.

Розроблена енергоефективна та раціональна система автоматизації газоперекачувальної станції з агрегатами Ц-16С, що дозволить знизити витрати на послуги з обслуговування, звільнити задіяний до цих задач персонал від необхідності регулювати процеси в ручному режимі.

На цьому можемо вважати цілі та завдання даної роботи досягнутими та виконаними.

					Судн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко Г. А. Компресорні станції : підручник / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 385 с.
2. Ванін В. В. Оформлення конструкторської документації : навч. посіб./ В. В. Ванін, А. В. Блюк, Г. О. Гнітецька. – К. : Каравела, 2018. – 200 с.
3. Васильківський І. С. Виконавчі пристрої систем автоматизації: навчальний посібник / І. С. Васильківський, В. О. Фединець, Я. П. Юсик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 220 с.
4. Гасило Ю. А. Охорона праці в галузі та цивільний захист: навчальний посібник / Ю. А. Гасило, О. А. Крюковська. К. О. Левчук, Р. Я. Романюк. —Кам'янське : ДДТУ, 2017. — 369 с.
5. Діскавери – бурове обладнання (Україна), Discovery Drilling Equipment, ТОВ «Діскавери – бурове обладнання (Україна)». Інтернет-джерело: <http://discoveryde.com/?lang=uk>
Дата звернення: 26.05.2023.
6. Енергетична безпека країни: <https://www.naftogaz.com/> Дата звернення: 25.05.2022.
7. Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів / укладачі : В. Д. Черв'яков, О. Ю. Журавльов, І. В. Щокотова – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 69 с.
8. Михалків В. Б. Проектування і експлуатація газопроводів навч. посіб. / В. Б. Михалків. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. – 183 с.
9. Охорона праці та цивільний захист: Підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська. За ред. О. Г. Левченка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 420 с.
10. Панченко, В.О. Гідравлічні машини і обладнання нафтових та газових комплексів: навч. посіб. / В.О.Панченко, А.А. Панченко. - Суми: СумДУ, 2018. - 227 с.
11. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації. Навчальний посібник. Друге видання, змінене і доповнене. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. - 336 с.
12. Савицький В., Федоришин Р. Технічні засоби автоматизації: навчальний посібник. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 292 с.
13. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. - 136 с.

					СУдн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

14. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 344 с.
15. Частотний перетворювач 0,75 кВт [Електронний ресурс]. – 2019. - Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/hwwOGHm1>
16. Шудренко І. В. Основи охорони праці : навч. посіб. / І. В. Шудренко. – Житомир : Видавець, О. О. Євенок, 2016. – 214 с.
17. Boyce M.P. Gas Turbine Engineering Handbook. 4th Edition. — Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2012. XXXIV, 956 p
18. GS10 Valve Driver & Gas Fuel Valve_Actuator Assembly Technical Manuals. Manual 40167. <https://wenku.baidu.com/view/98c9b5315a8102d276a22fb4.html>
19. Macisaac B., Langton R. Gas Turbine Propulsion Systems. John Wiley & Sons, Ltd., 2011.- 340 p.
20. SCADA Tutorials: Real Time Projects And Case Studies, Independently published (April 1, 2021) - 52 стор.
21. Series 90-70 Programmable Controller Data Sheet Manual GFK-0600F <https://www.cimtecautomation.com/files/pdf/IC697CPX935.pdf>
22. Simple SCADA [Електронний ресурс]. – 2020. - Режим доступу до ресурсу: <https://simple-scada.com/help/manual/index.html>

					СУдн-91с.6.151.01.ПЗ	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57