

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Довбиш А. С.

\_\_\_\_\_ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ**

Дипломний проект

Виконав:  
студент групи СУ-71

Попов М. В.

Керівник проекту:  
к. т. н., доцент

Соколов С. В.

Суми – 2021

## РЕФЕРАТ

Попов Максим Вікторович. Система автоматичного керування газоперекачувальної станції. Кваліфікаційна робота бакалавра зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (дипломний проєкт). Сумський Державний Університет, Суми, 2021 р.

Робота присвячена методам й засобам автоматизації процесів управління виконавчими механізмами газоперекачувальної станції. Запропоновано проектне рішення щодо комплексу локальних систем управління виконавчими механізмами та системи комплексної автоматизації верстату. Розроблена конструкторська документація для технічної реалізації системи автоматизації.

Робота містить 52 сторінки основного тексту, 12 рисунків, 17 таблиць; 2 креслення; список використаних джерел з 21 найменувань.

Ключові слова: газоперекачувальна станція, система автоматизації, система управління, виконавчий механізм, електропривод, контролер.

## ABSTRACT

Popov Maksym Viktorovych. Automatic control system of the gas pumping station. Bachelor's thesis on the specialty 151 – Automation and computer-integrated technologies (diploma project). Sumy State University, Sumy, 2021

The work is devoted to methods and means of automation of processes of management of executive mechanisms of the gas pumping station. The design decision concerning a complex of local control systems of executive mechanisms and system of complex automation of the machine is offered. The design documentation for technical realization of automation system is developed.

The work contains 52 pages of the main text, 12 figures, 17 tables; 2 applications; list of used sources of 21 names.

Keywords: gas pumping station, automation system, control system, actuator, electric drive, controller, feed.

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ А. С. Довбиш

“ \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ “ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Тема роботи: Система автоматичного керування газоперекачувальної станції.  
Дипломний проект. Затверджено наказом ректора СумДУ № 2361 – III від 21.01.2021 р.

Термін подання закінченої роботи 31.05.2021 р.

Вихідні дані до роботи: технічна документація газоперекачувальної станції.

Зміст роботи: конструктивно-технологічна характеристика об'єкта автоматизації, функціональна схема автоматизації, локальні системи управління, комп'ютерно-інтегрована система управління.

Графічні матеріали: функціональна схема автоматизації, функціональні та структурні схеми локальних систем управління, схеми електричні підключень та з'єднань.

Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Терміни виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипів.	01.03.2021-15.03.2021
2	Опис об'єкту автоматизації. Задачі автоматизації. Аналіз відомих технічних рішень	16.03.2021-31.03.2021
3	Розробка функціональної схеми автоматизації	01.04.2021-10.04.2021
4	Вибір обладнання	11.04.2021-15.04.2021
5	Розробка алгоритмів управління	16.04.2021-25.04.2021
6	Охорона праці	26.04.2021-30.04.2021
7	Оформлення проекту та презентації	01.05.2021-25.05.2021
8	Подання роботи керівнику. Публічний захист роботи	26.05.2021-31.05.2021

Дата видачі завдання «01» 02. 2021 р

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Соколов С. В.

До виконання прийняв:

студент групи СУ-71

Попов М. В.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизації газоперекачувальної станції

*Назва і галузь застосування:* Система автоматизації газоперекачувальної станції

*Підстави для проектування:* Наказ ректора СумДУ № 0543.ІІІ від 21.01.2021.

*Призначення проекту:* створення сучасної комп'ютеризованої системи автоматизації газоперекачувальної станції для потреб газової промисловості України.

*Джерела розроблення:* матеріали виробничої та переддипломної практик, технічна документація верстату, результати аналізу існуючих систем автоматизації прорізних деревообробних верстатів.

*Режими роботи об'єкта:* запуск, режим різання, зупинення, автоматичний контроль та регулювання технологічних параметрів.

*Умови експлуатації об'єкта:* живлення шафи управління –380В, частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 24В постійного струму; живлення інтерфейсного модуля – 24В постійного струму. Ступінь захисту складових частин обладнання системи автоматизації – не нижче ІР20.

*Технічні вимоги:* ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

*Етапи проектування*

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Терміни виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипів.	01.03.2021-15.03.2021
2	Опис об'єкту автоматизації. Задачі автоматизації. Аналіз відомих технічних рішень	16.03.2021-31.03.2021
3	Розробка функціональної схеми автоматизації	01.04.2021-10.04.2021
4	Вибір обладнання	11.04.2021-15.04.2021
5	Розробка алгоритмів управління	16.04.2021-25.04.2021
6	Охорона праці	26.04.2021-30.04.2021
7	Оформлення проектної документації	01.05.2021-15.05.2021

Розробник ТЗ:

студент гр. СУ-71

Попов М. В.

Погоджено:

керівник проекту

к. т. н., доцент

Соколов С. В..

Ном. поз.	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. лист.	Кільк. екс.	Примітка
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	1	1	
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	СУ-71 6.151.014 ДП ТЗ	Технічне завдання	2	1	
3	A4	СУ-71 6.151.014 ДП ПЗ	Реферат	1	1	
4	A4	СУ-71 6.151.014 ДП ПЗ	Пояснювальна записка	52	1	
			<u>Документація конструкторська</u>			
5	A3	СУ-71 6.151.014 А2	Функціональна схема автоматизації	1	1	
6	A3	СУ-71 6.151.014 Е3	Електрична принципова схема	1	1	

					<b>СУ-71 6.151.014 ДП</b>		
<i>Змн</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		Попов М. В.					
<i>Перевірів</i>		Соколов С. В.					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затвердив</i>							
					<i>Лист.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
					T	1	1
					<b>СумДУ СУ-71</b>		

Система автоматичного керування  
газоперекачувальної станції

**Автор роботи:** Попов М. В., Попов М. В., Попов М. В.

**Назва роботи:**

Система автоматичного керування газоперекачувальної станції

System of automation of the gas pumping station

**Бібліографічний опис:**

Попов, М. В., Система автоматичного керування газоперекачувальної станції [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 151 – автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології / М. В. Попов; наук. керівник С. В. Соколов. – Суми: СумДУ, 2021. – 52 с.

**Ключові слова**

<b>Українською</b>	<b>Російською</b>	<b>Англійською</b>
автоматизація	автоматизация	automation
газоперекачувальна станція	газоперекачивающая станция	gas pumping station
природний газ	природный газ	natural gas

**Короткий огляд (реферат):**

В роботі описаний технологічний об'єкт.

Розроблені контури регулювання.

Обране обладнання для побудови системи.

Розроблений алгоритм управління.

Проведений огляд літератури з теми автоматизації процесу газоперекачування.

Розроблений пакет необхідних креслень.

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерних наук

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ**

Проектант:  
студент гр. СУ-71

Попов М. В.

Керівник проекту:  
к. т. н., доцент

Соколов С. В.



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТУ .....	5
1.1. Типовий склад газоперекачувальної станції .....	5
1.2. Технологічна схема системи ГПС-Ц-16 .....	8
1.3. Задачі проектування САР газоперекачувальної станції.....	11
РОЗДІЛ 2. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ...	14
РОЗДІЛ 3. ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА БАЗІ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ «SERIES-4»	20
3.1. Програмований логічний контролер.....	20
3.2. Панель оператора та пристрої живлення.....	24
3.3. Засоби узгодження сигналу.....	24
3.4. Засоби зчитування інформації .....	26
РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ГПС .....	32
4.1. Розробка алгоритму керування тиском газоперекачувальної станції	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2. Програмування мовою ST .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3. Розробка SCADA-системи управління .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВТІЛЕННЯ СИСТЕМИ.....	38
РОЗДІЛ 6. ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ ОПЕРАТОРА ГПС .....	44
6.1. Аналіз шкідливих або небезпечних факторів виробництва.....	44
6.2. Заходи з техніки безпеки.....	45
6.3. Заходи з протипожежної безпеки .....	46
6.4. Заходи присвячені боротьбі з шумом .....	48
ВИСНОВКИ .....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ .....	51

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>			
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Попов М. В.			Система автоматичного керування газоперекачувальної станції	Літ.	Арк.	Листів
Перевірів		Соколов С. В.				Т	2	52
Реценз.						<b>СумДУ СУ-71</b>		
Н. Контр.								
Затвердив								

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУТП	автоматизована система управління технологічним процесом;
ГПС	газоперекачувальний агрегат;
ГПС	газоперекачувальна станція;
ГТД	газотурбинний двигун;
ПЗВ	пристрій захисного вимкнення;
ПЛК	програмований логічний контролер;
РУ	ручне управління;
САР	система автоматичного регулювання;
САУ	система автоматичного управління.

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

## ВСТУП

Автоматизація процесів технології є важливою для теперішнього світу, бо вона сприяє підвищенню швидкості виробництва і покращенню умов праці. Способами покращення ефективності виробництва є оптимізація і модернізація процесів, зниження матеріальних затрат, економія на енергоносіях, покращення процесу взємодії з давачами та первинними перетворювачами. Більшість з наявних технічних систем намагаються так або інакше оснащувати системами автоматизації. Проте створення продуктивної автоматизованої системи – дещо непросте завданням.

Через автоматизацію технологічних процесів виробництво може відбуватися майже без участі людей-операторів. Перш за все автоматизація виробництва була лише частковою, проте в теперішньому суспільстві її використання набуває більшого і більшого поширення та розшаровується на основні периферичні операції. При суцільній автоматизації процесів оператору необхідно лише спостерігати за технологічними процесами, проводити налагодження та підтримку апаратури.

Сьогодні можливості автоматики зростають неперервно. Часто вони використовуються для налагодження техніки при заміні умов праці для покращення продуктивності процесів і оптимізації процесу роботи агрегатів. Зростає кількість апаратів, комплексів, робочих приміщень і підприємств, оперуючих майже без людей.

До способів автоматизації відносять:

1. Часткову автоматизацію, що потрібна для автоматизації певних процесів, у відриві одне від одного.
2. Комплексну автоматизацію, що використовується при автоматизації всіх елементів технологічного процесу, є згрупованими між собою та слідують одне за одним.
3. Повну автоматизацію, яка потрібна для забезпечення зв'язності всіх, і основних, і периферичних процесів з вибором найкращих режимів роботи устаткування.

*Метою роботи є автоматизація газоперекачувальної станції.*

*Метою дипломного проекту є розроблення АСУТП управління газокompресорною станцією з використанням ПЛК, на основі SCADA від Simatic WinCC.. При цьому використовуються та підкріплюються теоретичні і практичні знання з проектування систем автоматики та об'єктів технології, здобутих в університеті за бакалавріат.*

Тема є доволі *актуальною*, так як на даний час на ринку не представлено жодної (у всякому випадку, автором не було знайдено жодного опису) системи, схожої з даною (за виключенням деяких її фрагментів, використаних у кількох рішеннях).

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

**1.1. Типовий склад газоперекачувальної станції**

Газоперекачувальна станція (ГПС) потрібна для транспортування натурального газу магістральними трубопроводами з тиском 5,5-7,4 мегапаскаль.

Така станція складається з декількох функціонально повних блоків і заводських операційних одиниць, які комбінуються вже на місці встановлення та експлуатації.

ГПС представлено на рис. 1.1.

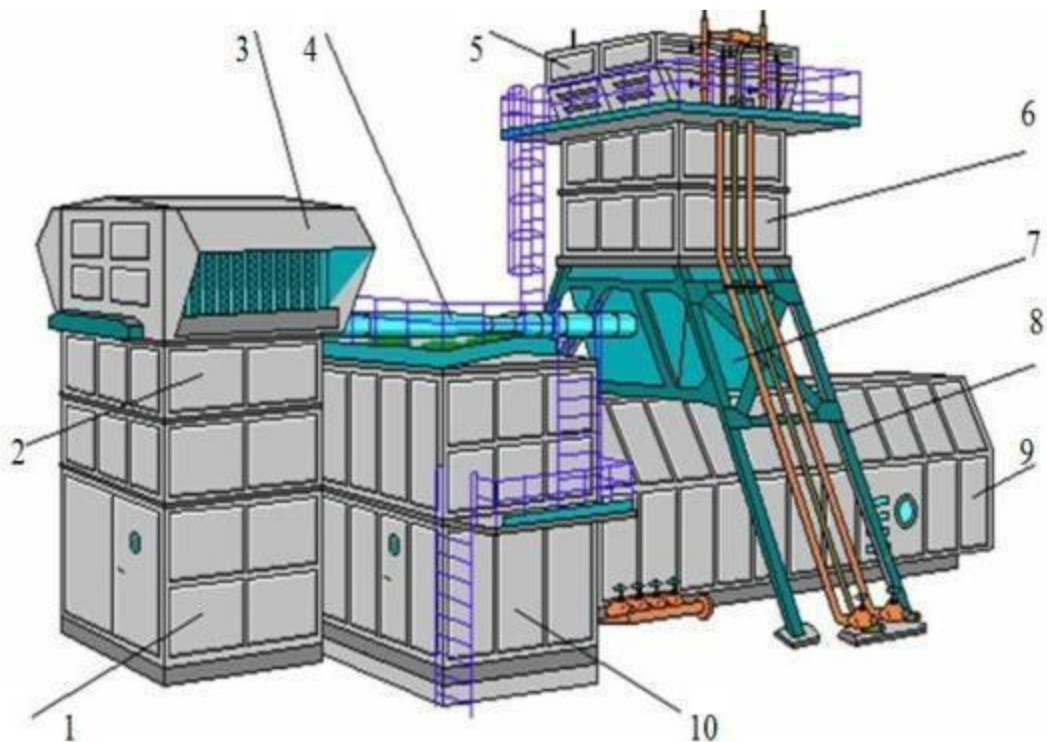


Рисунок 1.1 – Газоперекачувальна станція: 1 – камера абсорбції; 2 – шумоглушники процесу всмоктування; 3 – пристрій очищення повітря; 4 – підсистема нагрівання циркулюючого повітря; 5 – утилізатор; 6 – глушники шуму від вихлопу; 7 – дифузор; 8 – підтримка вихлопного елемента; 9 – турбоблок; 10 – маслоагрегати

Блок турбин складається з таких одиниць як: контейнер, електропривід НК-16СТ, що знаходиться на підмоторній рамі. Додатково в блоці турбин змонтовано окремі одиниці системи маслопостачання, підігріву, автоматичного пожежогасіння, нагрівання циркулюючого повітря і самостійного управління ГПС. Контейнер блоку турбин – це споруда, що вміщує базові складальні одиниці і підсистем агрегату. Підтримується деякий мікроклімат для їх безпечного використання і потрібні умови функціонування для персоналу під час роботи при виконанні робіт по ремонту і за регламентом. Водозольованим перетином контейнер переділено на два

герметичних приміщення: привідний відсік та відділ для нагнітача. Вентиляція привідного відділу відбувається за допомогою вентиляторів, що знаходяться у вентиляторній. Вентиляція блоку нагнітача виконується вентилятором, розташованим зверху цього блоку.

Пристрій очистки повітря (ПОП) потрібен для ввентиляції від пилу і додаткових механічних забруднень циркулюючого повітря, отриманого з атмосфери у привідний компресор. Очисник складається з камерного блоку, фільтрів, блоку відсмоктування включень, вентиляторів, байпасних клапанів, а також решіток прогріву циркулюючого повітря. Фільтрація повітря відбувається в інертно-жалюзійних фільтрах за допомогою швидкого повороту потоку у сепараторі. На дальній стінці блоку розміщено 2 байпасні клапани (БК). Вони відкриваються одразу по падінню тиску у відсіці ВЗУ до рівня 80 мм водяного стовпцю. При досягненні розрідженням рівня 50 мм клапани закриваються автоматично.

Відсік всмоктування необхідний для направлення фільтрованого у очищувачі натурального повітря у осьовий компресора приводу. У дірки в стінках камери вмонтовано глушник шуму, що складається зі спеціальних щитів, теплоізованих звуконепроникними матами з волокон надтонкого базальту. У отворі в передній стінці вмонтовано двостулкові дверцята, а на дальній стінці – одностулкові. Дверцята необхідні для потрапляння всередину і викидання електроприводу під час заміни.

Блок проміжний є необхідним для впливу на рівномірність променю повітря прямо перед початковим напрямним агрегатом осьового компресора приводу. Він складається з корпусу та округлого патрубка, зробленого з листового нержавіючого металу.

Пристрій вихлопу і глушіння шум потрібен для відведення вихлопних газів і зменшення шуму вихлопу від приводу. Він утворений дифузоров, втулками та шумоглушником. Дифузор необхідний для поступового зменшення рівня вихлопних газів і є суцільнозварним корпусом, отвори всередині якого забито звукоглушительним матеріалом. Глушительник відноситься до пластинчато-щілинних конструкцій. Пластини скругленої форми. Суцільний каркас пластини виконано із викривлених профілів і обшито з обох сторін листовим металом з отворами. Звукопоглинальний матеріал заповнює міжлистовий простір.

Відсік маслоохолоджувачів необхідний для зменшення температури, яку має змащувальне та ущільнювальне мастило системи. Компонування станції включає установку 2 відсіків, в яких знаходяться по 2 агрегати, що зменшують температуру мастила повітрям.

Вентиляційний вузол використовується для розташування агрегатів фільтрації повітря у привідному відділі і просасування природнього повітря крізь маслоохолоджувачі при відсутності струму. Вентиляційний вузол складається з корпусу, вентиляторів, трубопроводів і клапану з гідроприводом. Відцентрові повітродуйки спрямовують фільтроване повітря, яке надходить з відділу шумоглушника. Поворотні дверцята, необхідні для відкриття дорожого, що з'єднує вузол вентиляції з системою всмоктування двигуна, є нормально закритими. Якщо

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<b>6</b>

вентилятори вимкнені очищення повітря відсіку двигуна відбувається через просасування повітря з відсіку турбин скрізь відкриті засувки, зупинені лопасті і далі на вхід двигуна. Маніпулювання заслінками здійснюється гідродвигуном.

Вузол маслоагрегатів необхідний для розташування маслоагрегатів і периферії маслосистеми, що полегшують проведення їх обслуговування при експлуатації станції. Для вентиляції вузла в нього вмонтовано вентилятор [7].

Блок очищувачів паливного газу необхідний для фільтрації газу від механічних забруднень в трактах між станційним вузлом підготовки паливного газу та газу пускового і вузлом входу в камеру згорання приводу. У блоці розміщено два фільтруючих елементи, периферія яких дозволяє підключати до роботи фільтри один за одним чи одночасно. Розмір комірок фільтрації близько 10 мкм.

Вузол гасіння полум'я необхідний для розміщення агрегату самостійного газового гасіння пожеж. Підсистема пожежогасіння відповідає за захист відділів двигуна, а також, нагнітача від полум'я своєчасном виявленнях наявності пожежі і подальшого придушення джерела вогню вогнегасною речовиною (хладоном 114В2).

Нагрівач необхідний для підігріву агрегату взимку перед запуском і для забезпечення стрийтливих температурних умов при роботі агрегатів і обладнання, у відсіках контейнера. Наігрів відбувається за рахунок гарячого повітрям, що отримується від працюючого приводу за компресором (температура 280 ° С). Отримане гаряче повітря відправляється в станційну підсистему обігріву, координує в єдину мережу під системи обігріву кожного вузла з встановлених на ГПС. Обігрів станції при відсутності у трубопроводі гарячого повітря виконується за рахунок моторних нагрівачів моделі УМП-350.

Система нагрівання циклового повітря використовується для запобігання обмерзанню трубопроводу всмоктування двигуна за температур оточуючого повітря в межах від +7 до -10 градусів за Цельсієм. Підігрів циркулюючого повітря забезпечується подачею на вхід пристрою фільтрації повітря гарячих газів з магістралі вихлопу вузла. Гази всмоктуються стисненим повітрям, отриманим від компресора низького тиску приводу. Розігріта газоповітряна суміш йде на розподільну решітку, на вході в повітроочисник. У таблицю 1.1 представлено технічні характеристики двигуна НК-16 СТ.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики двигуна НК-16 СТ

Найменування показників		Величини
Пікова потужність, кВт		16000

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ККД приводу в режимі максимальної ефективності, %	29
Пікова потужність на робочому валі СТ, кВт	19200
Робочий інтервал змін частоти обертання валу двигуна СТ в режимі максимальної віддачі:	
- максимальна частота обертання, об/хв	5300
- мінімальна частота обертання, об/хв,	3975
Температура газів перед СТ, не більше:	
- при максимальній потужності, °С	630
- в момент старту, °С	500
Температура корпусу двигуна, °С	200
Вібрація двигуна, мм/сек	40

В табл. 1.2 збірно характеристики нагнітача НК-16.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики НК-16

Найменування показників	Величини
Продуктивність, відносна до температури газу 20 градусів Цельсія і тиску 101 кПа, м³/год	384,82
Продуктивність, у відношенні до температури газу 15 градусів Цельсія і тиску 101 кПа, м³/год	378,25
Тиск номінальний вхідний, МПа	5,17
Тиск номінальний вихідний, МПа	7,45
Коефіцієнт стиснення	1,37-1,44
Політропний ККД, %	83
Температура всмоктуваного газу, °С	15
Зростання температури газу у агрегаті нагнітання у номінальному режимі роботи, °С	31
Частота обертання нагнітача та силової турбіни (діапазон), об/хв	3750-5300

### 1.2. Технологічна схема системи ГПС-Ц-16

Розглянемо технологічну роботи газоперекачувальної станції на прикладі схеми ГПС-Ц-16. Газоперекачувальний агрегат ГПС-Ц-16 включає в себе: привідний ГТД ДГ90Л2, загальну рама агрегату з периферійними агрегатами, механізмами, підсистемами і комунікаціями, газовідвід та корпус теплоізоляції газовідводу, підсистема переключення передач, нагнітач паливного газу НК-16; комплект приладів і елементів, що входять в

						<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

комплектацію агрегату, комплект додаткового інвентарю та агрегатів одиночний та комплект груповий.

Фільтрований природний газ з агрегату очищення трактом Г-1000 через трубопровід всмоктування надходить до відцентровий нагнітача, в якому відбувається його стиснення і відправка через нагнітальний трубопровід до колектору [12, 15].

Двигуном нагнітача виступає стаціонарний ГТД НК-16-СТ, розроблений на основі авіаційного турбовентиляторного приводу НК-8-2У, працюючого на прохідному газі, де вільна енергія використовується як потужність на робочому валі через турбіни нагнітача.

Чисте після фільтра природне повітря приходить в компресор приводу, де відбувається стиснення, і надходить до камері згоряння. В той же час в камеру згоряння з форсунок потрапляє природний газ. Від камери згоряння паливо направляється до турбіни високого тиску (ТВТ), а далі – до турбіни низького тиску (ТНТ). Турбіну з ротором нагнітача з'єднує проміжний вал. Випалені гази газовідводом виходять у атмосферу, через утилізатор тепла, а також глушник шуму.

На периферії кожного вузла всмоктувальна магістраль обладнаний краном та пневматичним гідроприводом 1 (рис. 1.2) для передачі газу в нагнітач і байпасним клапаном 4 для заповнення магістралі нагнітача перед пуском і для опресовування нагнітача.

Магістраль нагнітання має в складі:

- кран 2 з пневматичним гідроприводом для видачі газу від нагнітача, а також зворотним клапаном в тракт Г-700;
- лінією відводу газу на свічку від кранів 5 та 5А до крану 2, який використовується для продування нагнітальних магістралей перед пуском станції або викиду відпрацьованого газу на свічку при всіх зупинках ГПС і опресовування;
- пусковим трубопроводом відведення газу у вхідний контур з краном, а також зворотним клапаном 6 у складі агрегатної магістралі рециркуляції газу Г-400 і клапаном-регулятором 6А «Mokveld».

В магістраль подачі природного газу вмонтовано:

- клапан «Amot»;
- зупинний клапан;
- кран 12, що використовується для дистанційного керування;
- штуцер та лінія викиду газу на свічку, в який вмонтовано пневмокран 9.

Обв'язка станць забезпечує незалежний вихід агрегатів в режим «Кільце» по контуру запуску, захист від помпажу для кожного вузла забезпечує клапан 6А «Mokveld» системи регулювання і управління помпажем компанії «ССС». Виведення агрегату в режим «Магістраль» забезпечується відкриттям крана 2 і закриттям клапану 6.

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Під час зупинки станції відбувається зачинення кранів 1,2,4 обв'язки станії і зачинення крана 12 разом з відкриттям клапану 9 паливної магістралі двигуна. Отримавши сигнал про тиск з натравлюванням крани 4 і 4р виконують опресовування нагнітача, відкриваючи свічковий кран 5 та поступово нагнітаючи тиску з подальшим викидом газу на свічку крізь кран 5. Початок роботи станції відбувається після викидання повітря і нагнітання робочого тиску. Виведення агрегату 1 в режим кільця відбувається при відкритті кранів «Mokveld» з номерами 1, 2, 6, і 6А. Коли агрегат вийшов у режим «Кільце», зачинається кран 6А «Mokveld», тоді агрегат переходить у режим «Магістраль».

Задачі автоматизації, управління та захисту ГПС приймає на себе система автоматики, роль якої виконує мікропроцесорна підсистема контролю з управлінням 4510СГ, вона є складовою агрегату. САК антипомпажного управління компанії «ССС», розроблена на основі програмно-технічних засобів Series-4, виконує запуск і зупин станції, функції захисту і управління параметрами ГПС, сигналізує про несправності та виводить інформацію на панель оператора. ПЗ має наступні властивості: функціональна достатність, стійкість до відмов, здатність адаптуватись, та змінюватись, модульна конструкція, а також зручність використання.

Комплекс 4510СГ рівня агрегатів розташовано в спеціальному блок-боксі приладів, де підтримується штучний клімат. Блок-бокс розташовано в безпосередньо поряд з ГПС.

Функціональні блоки комплексу приміщення (локальні системи управління), задля зменшення кількості проводів, розміщуються в приміщення підготовки паливного або імпульсного газів, чи у щитовому приміщення фільтрації газу, або щитовій трансформаторної підстанції.

Всередині щитового, а також апаратного приміщень встановлено щити з ЛСУ, в яких розташовані модулі, блоки живлення та/або клемні колодки для під'єднання кабелю живлення. У кімнаті оператора знаходиться пульт, який потрібен не лише для індивідуального управління станцією, але й групового управління декількома ГПС у складі організації, і загальноцеховим приладдям.

Всередині приміщення ГПС-Ц-16 розробниками передбачено автоматичне гасіння пожеж за допомогою вуглекислоти, а також засоби контролю небезпечної концентрації метану.

До запуску вузлів ГПС в експлуатацію розраховують робочий режим, що залежить від заданої продуктивності і кількості обертів двигуна, причому споживана нагнітачем потужність має бути вище номінальної не більш ніж на 20 відсотків - менше 19 МВт, при температурі атмосфери більше -5°C.

Для попередження потрапляння нагнітачем у зону мінливої роботи її режим повинен знаходитися правіше лінії помпажу хоча б на 10%. Таке обмеження викликане тим, що

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

зменшення витрати газу до близько 0,6 розрахункового значення через перервний потік у каналах між лопатками, спричинений зривом плину на вході до робочого колеса, і збільшенням ступеню впливу закрутки в зворотньому напрямку в межах кожної магістралі, робоче колесо перестає створити тиск, більший за тиск в дифузори і напірному резервуарі. Виникає потік в напрямку назад, що в свою чергу викликає шум і потужні вібрації нагнітача разом з його периферією, збільшення частоти обертання і зворотне розкрючування ротора за умови, що зворотний клапан є несправним.

Помпажа нагнітача, крім зменшення витрат палива, може бути викликаний зростанням тиску на виході з нагнітача, зменшенням частоти обертання відносно паралельних агрегатів, швидкими змінами тиску в мережі, некоректною або несвочасною заміною кранів об'язки нагнітача, закупорення захисної сітки чи направляючого апарату стороннім тілом.

Основний ризик помпажних коливань для станції полягає у великій ймовірності виходу з ладу упорного підшипника, або руйнування покривного диску робочого колеса, а також сильні зачепи зі збільшенням зазорів в лабіринтних ущільненнях.

Для захист кожного агрегату від помпажа передбачено крани-регулятори БА «Mokveld» в складі магістралі Г-400 об'язки агрегатів станції.

### ***1.3. Задачі проектування САР газоперекачувальної станції***

Основним вузлом газокompресорної станції вважається газоперекачувальна станція. До завдань САР такою станцією належать підтримування потрібного режиму функціонування газотурбинного вузла, видача необхідної потужності для виходу робочих лопастей турбін на необхідну частоту обертання і зменшення рівню спалених газів. Потрібна потужність газотурбинної установки, частота обертання робочого валу і температура газів перед турбиною високого тиску регулюються системою управління шляхом зміни кількості газу, в камері згоряння.

Ще однією потрібною функцією САР ГПС, є миттєва зупинка газотурбинної установки у передаварійних ситуаціях.

Метою розробки цієї системи є підтримання необхідної якості управління для вирішення головних технічних і економічних задач, наприклад:

- своєчасне отримання точної інформації з датчиків об'єкта;
- оптимізація режимів функціонування технологічних елементів;
- покращення точності і швидкості вимірювань технологічних параметрів;
- забезпечення автоматизованого регулювання та маніпулювання технологічним об'єктом;

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу, через зниження кількості роботи;
- виконання заходів безпеки роботи, зниження кількості шкідливих викидів у атмосферу;
- зменшення технологічних і втрат на виробництво;
- зменшення ризику аварійних ситуацій [1].

#### Вимоги до апаратного забезпечення

Установки, що функціонують на відкритих майданчиках, повинні мати стійкість до змін температур від  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ , а за температури у  $35^{\circ}\text{C}$  й до вологості більше 80% з урахуванням від географічного місця.

Щоб забезпечити спроможність подальшого розвитку та покращення програмно-технологічного комплексу АС потрібно передбачити резервні вхідні та вихідні канали – приблизно 20%

Вразливі частини датчиків, що перебувають у контакті із зовнішнім атмосферою, мають бути виконані з корозійностійких матеріалів та/або бути ізольованими від середовища. Первинні вимірювачі, що використовуються в ГПС, мають відповідати вимогам вибухо- і іскробезпеки.

Рівень захисту технологічних агрегатів від пилу і вологи має бути хоча б IP56.

Щоб отримати необхідний показник напрацювання датчики вибираються виходячи з показників рівня по класу або порівняно до кращих вітчизняних екземплярів. До необхідних показників відносяться:

- 1) напрацювання до відмови: не менше ста тися годин;
- 2) термін роботи: більше 10 років.

Для вільної комплектації вхідних і вихідних каналів необхідно вибирати контролер з модульною структурою. Щоб гарантувати вибухобезпечність використовуються моделі з іскробезпечними внутрішніми ланцюгами або відповідні іскробар'єри. Для втілення технічного завдання треба будувати комплекс технічних засобів станції на основі певних програмно-технічних підсистем:

- первинні перетворювачі, виконавчі пристрої, мікроконтролерні регулятори, аналізатори якості процесів;
- контролюючі механізми або ПЛК;
- операторські і інженерні підстанції обслуговування;
- мережеве приладдя;
- спеціальна мікроконтролерна техніка;
- способи метрологічної повірки обладнання.

Система вимірювань функціонує за допомогою електронних датчиків.

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

Давачи витрат газу і тиску, а також рівнів і перепадів тисків мають видавати стандартні сигнали струмової петлі (4-20мА).

Для здійснення збору і обробки даних в складі контурів управління мають бути передбачені наступні модулі:

- входу даних 4-20 мА з бар'єрами іскрозахисту на борту і без них;
- вхід сигналів з маленькою напругою та вбудованими бар'єрами захисту від іскор;
- дискретний вхід для даних;
- вхід протоколу RS-422 або RS-485 від додаткових мікропроцесорних пристроїв.

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

## РОЗДІЛ 2. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Дослідимо функціональні завдання автоматизації проєктованої системи управління ГПС [4].

Логічні функції контролю:

• відміна заборон на спрацьовування захисних пристроїв на не працюючому агрегаті для перевірки та підтвердження захистів до запуску станції;

• самостійна перевірка готовності до запуску;

• захист ГПС за параметрами системи;

• сумісний запуск станції за заданим алгоритмом з виходом і підтриманням кільцевих або магістральних режимів;

• автоматичний запуск станції з заповненою системою нагнітача (після екстреної зупинки без спускання газу) також з виводом на кільцевий або магістральний режими;

• самостійне виведення в магістральний режим кільцевого і навпаки до режиму «Кільце»;

• управління процесом роботи станції, в режимах, встановлених оператором, або заданих САУ верхнього рівня;

• самостійна нормальна зупинка за певним алгоритмом;

• безпечна аварійна зупинка зі спусканням газу та без нього у відповідності до сигналів пристроїв захисту або від оператора;

• аварійна зупинка станції за певним алгоритмом при відмові критичного вузла;

• самостійне перезавантаження з встановленим інтервалом за допомогою периферійних механізмів після короткочасного (до 5 секунд) знеструмлення головної струмової магістралі;

• віддалене керування виконавчими пристроями та допоміжним устаткуванням операбельного та неоперабельного агрегату;

• автоматичне встановлення в задане положення кранів газової периферії перед запуском станції, після вибору способу роботи;

• заборона на виконання сигналів оператора при автоматичному режимі роботи ГПС, якщо такі команди не є передбаченими алгоритмами керування або контролю;

• управління теплоутилізатором;

• управління ВМ підсистеми гасіння пожеж.

Регульовальні задачі:

• управління приводом;

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	Лист
						14
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- стабілізація частоти обертання робочої турбини на першому рівні, який отримується від оператора або є встановленим попередньо і отримується від контролеру розподілу навантаження;
- самостійне граничне регулювання (обмеження) параметрів нахталт: температури відпрацьованих газів по верхнім допустимим межах, частоти обертання робочого валу ТВТ, тиску повітря за компресором високого тиску по верхній межі сприйняття двигуна, яка задана заздалегідь;
- розрахунок вихідного сигналу регулювання керівного газового клапану відповідно до мінімуму з сигналів, від контурів управління;
- функції протипомпажного регулювання;
- втілення функцій протипомпажного управління і захисту нагнітачів потребує відстані між робочим режимом нагнітача і помпажною прямою не менше певного автоматично змінюваного відповідно до швидкості наближення кривої режиму роботи до помпажної кривої;
- забезпечення розподілу навантаження між станціями (при роботі багатьох станцій в складі підприємства);
- участь в забезпеченні функції розподілу роботи при паралельному функціонування станцій в газопроводі;
- забезпечення витривалості;
- самостійних перехід на резервний канал зв'язку при втраті підключення до резервних перетворювачів сигналу (частота обертання лопастей нагнітача);
- миттєвий перехід на задані алгоритми «стратегії витривалості», що дозволяють використовувати агрегат при зникненні такого сигналів на вході системи безпечно: від перетворювача тиску газу на конфузори, вході чи виході нагнітача, від перетворювача тиску повітря всередині осьового компресору, або частоти обертання робочих валів приводу (якщо існує самостійна системи захисту приводу від перевищення можливої частоти обертання його робочих валів двигуна на основі існуючого обмежувача частоти обертання турбини).

Завдання інформування:

- постійний контроль технологічних величин, в т. ч. вимірів і способів подачі за запитом оператора на моніторі панелі величин вибраних параметрів у перерахунку на потрібні фізичні величини із вказанням знака даної величини;
- обчислення опосередкованих параметрів;
- видача на екрані панелі управління мнемосхем станції з вказанням значень вимірюваних величин і стану виконавчих агрегатів;

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

- повсякчасне надання цифрової інформації про значення таких параметрів: температури газу до силової турбіни, швидкості її обертання і зміни тиску «Масло-газ» в сальніко-підшипниковій системі;

- самостійне виявлення, показання і звукова сигналізація що відхилень технологічних величин від нормальних значень;

- автоматичне знаходження і відображення невідповідностей значень параметрів від апріорних установок;

- подача інформації про невиконані попередні умови пуску та основні режимах роботи сттанції: «Готовий до запуску», «Початок роботи», «Ропераціонування», і ін.;

- зберігання сигналів, що викликали екстрену зупинку, а також, значень головних технологічних параметрів ГПС у випадках аварійного захисту з правом ретроспективного дослідження стану агрегату (з інтервалом в 1 с) за хвилино до аварійної ситуації і 10 секунд з після завершення аварії;

- самостйна передача в АСУТП компресорного цеху значень головних технологічних величин та інших повідомлень.

Задачі управління:

- автоматичний постійний контроль справності вузлів управління, здубільшого відповідальних ВМ і периферичного обладнанням станції;

- автоматичний постійний контроль ланцюгів головних дискретних та деяких аналогових первинних перетворювачів сигналу;

- контроль стану приладдя і відхилень технологічних величин від заданих пікових значень (уставок);

- самостійний контроль справності головних програмно-технічних агрегатів системи управління та сигналізація про відмови, а також захист від недозволеного доступу.

Далі наводиться перелік вхідних-вихідних сигналів системи автоматичного управління газоперекачувальною станцією.

Вхідні сигнали:

- дискретні (сигнали двохпозиційних датчиків типу «сухе з'єднання»; двохпозиційних первинних перетворювачів сигналів, з'єднаних з розеткою змінного струму 220 В та 50 Гц);

- аналогові (сигнали термоперетворювачів опору, а також, первинних термоелектричних перетворювачів);

- від первинних перетворювачів з електричним сигналом виходу струмової петлі 4..20 мА, (перевторвачів тиску або його перепаду, рівня газу та загазованості, вібраційних швидкості та перемещенія, або осьового зсуву).

Сигнали виходу:

						<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

- дискретні агрегати забезпечують під'єднання електричних кіл постійного струму (220 В, 1 А та 24 В, 5 А), змінного струму (220 В, 50 герц, 3 А) при індуктивності навантаження до 4 генрі і активному опір менше 400 Ом;

- аналогові перетворювачі забезпечують регулювання протипомпажного та паливного клапанів.

Сигнали, що задіяні в обміні перелічено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Список каналів зв'язку [14]

№	Сигнал	№	Сигнал
1	Тиск входу нагнітача	20	Віддалене завдання частоти турбини
2	Тиск, створюваний нагнітачем	21	Статус операційного модуля GT
3	Ступінь нагрятості речовини на вході нагнітача	22	Відправка сигналів стосовно швидкості обертання турбин (вільної, низького та високого тиску)
4	Температура стисненої речовини в нагнітачі	23	Видача сигналів стосовно температури відпрацьованих газів
5	Коливання тиску всередині конфузора нагнітача	24	Видача сигналів про тиск всередині осьового стискача
6	Позиція АПК	25	Видача сигналів про стан паливного крану
7	Регулювання АПК	26	Керівні сигнали до модулів в режимах самостійного пуску
8	Швидкість обертання турбини	27	Перетворювачі станції (аналогові чи дискретні), застосовувані для регулювання
9	Швидкість обертання турбини високого тиску	28	Числові вимірювачі положень клапанів станції
10	Швидкість обертання турбини низького тиску	29	Регулювання периферичних ВМ станції
11	Температура відпрацьованого газу	30	Регулювання стопорного крану
12	Тиск повітря після компресору	31	Регулювання кранової периферії станції
13	Стан зовнішньої середи	32	Команда від оператора про екстрений зупин, викликаний несправністю певних модулів
14	Положення газового регулюючого крану	33	Відправка сигналів про тиск і температуру в нагнітачі
15	Запасний вхід	34	Інформація про стан АПК
16	Контроль головного клапану	35	Стан функціональної системи
17	Видача сигналу про швидкість обертання тербини	36	Запобіжна інформація для зменшення взаємовпливу контурів управління
18	Помпаж	37	Стан підсистеми РС
19	Сигнал екстреного зупину	38	Відстань між лінією режиму роботи нагнітача і кривою налаштування протипомпажу



Функціональна схема автоматизації включає креслення, на яких схематично та/або умовними позначеннями зображено:

- 1) технологічне устаткування;
- 2) комунікаційні прилади;
- 3) органи керування;
- 4) засоби автоматизації, наприклад: прилади, регулятори та пристрої калькуляції.

На ФСА вказуються зв'язки технічного обладнання з деякими вузлами автоматики. Для зменшення розмірів креслення не відображають на цій схемі до пристроїв, наприклад блоків живлення, розпаєчних коробів та елементів монтажу.

Схеми автоматизації виконуються на одному кресленні, де відображається апаратура всіх СУ, САР та систем сигналізації, що мають відношення до цього агрегату. Уточнені креслення і відомості до них разом зі специфікаціями виконуються на основі розроблених ФСА.

Така схема складається з трьох рівнів:

- рівень збору даних (нижній)
- рівень зберігання інформації (середній)
- рівень архівування даних (верхній)

Перший рівень включає дані, від фізичних перетворювачів сигналу (датчиків та виконавчих механізмів):

- дані аналогових давачів
- дані дискретних давачів
- інформацію з обчислення і перетворення

Другий рівень – це певна база даних, як для запиту даних сторонніми системами, так і для отримання даних від них. Така база даних є маршрутизатором потоків даних від СУ і телемеханіки до моніторів АРМ-додатків. Тут дані від ПЛК стають пакетними потоками інформації. Передача пакетів між 2 і 3 рівнями відбувається за Ethernet'ом.

Параметри, що надходять локальній мережі обчислень за стандартом OPC, складаються з:

- тиску газу до ГПС, МПа,
- тиску газу після ГПС, МПа,
- різниця тисків до ГПС і на компресорі, МПа,
- ступінь нагріву газу, °С,
- потужність, від редуктора до нагнітача, кВт,
- частота обертання головного валу редуктора, об/хв,
- тиск на виході з відцентрових нагнітачів, МПа,

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

- кількість об'єктів в ємностях,
- кількість використаного газу,
- наявність механічних вкраплень,
- інформація про помилки роботи системи.

ФСА розроблено відповідно до правил ДСТУ 21.208-2013 і наведено в кресленнях до ДП.

Перший рівень складається з, комунікаційного ПЛК, ПК і сервера бази даних, які скомбіновано в одну локальну підмережу.

Інформація від перетворювачів нижнього рівня надходять на другий рівень управління – в ПЛК, який відповідає за:

1. Збір, дослідження і зберігання даних про стан устаткування та параметри технологічного процесу;
2. Контроль та регулювання стану системи відповідно до алгоритму;
3. Виконання команд оператора;
4. Обмін даними між вузлами.

Після другого рівня інформація від ПЛК посилається у комунікаційний контролер, розтошований на третьому рівні. Він відповідає за:

1. Збір даних від комп'ютера;
2. Аналіз даних і їх масштабування;
3. Координація системи;
4. Синхронізація процесів у підсистемах;
5. Зберігання обраних контрольних величин;
6. Обмін даними між 3 і 2 рівнями.

Проект включає кілька станцій управління, згрупованих у робоче місце оператора. Тут же знаходиться сервер бази даних. Комп'ютерні мнемосхеми диспетчера використовуються для відображення процесів роботи ГПС та здійснення оперативного управління [2].

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

### РОЗДІЛ 3. ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА БАЗІ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ «SERIES-4»

Комплекс «Series-4» в складі САУ і Р ГПС забезпечує виконання таких функцій:

- управління ГПС і його допоміжними механізмами і устаткуваннями на всіх режимах роботи;
- автоматичне регулювання параметрів двигуна і нагнітача, включаючи граничний регулювання обмежуються параметрів;
- безперервний контроль, індикацію та реєстрацію технологічних параметрів з поданням необхідної інформації оператору.

Підбір обладнання для системи автоматизації полягає у визначенні таких структурних елементів, як керуючий мікроконтролер («мозок системи», частіше за все програмований логічний контролер), елементи живлення (розетки відповідної фазності в простішому випадку, або блоки живлення), виконавчі механізми (електродвигуни, насоси, тощо), давачі, узгоджуючі засоби (перетворювачі частоти, широтно-імпульсні регулятори, магнітні пускачі тощо) та, за необхідності, термінал(и) оператора.

#### ***3.1. Програмований логічний контролер***

У якості **керуючого мікроконтролера** обрано *програмно-апаратний модуль AFM ПТЗ Series-4 [17]*.

Програмно-апаратний модуль призначений для виконання різних функцій, пов'язаних з управлінням станції.

Модуль AFM може містити в собі два види програмного забезпечення: операційну систему управління прикладними програмами і апаратними засобами (FTOS 2 - Fault Tolerant Operating System), призначену для обробки вхідних і вихідних сигналів об'єкта управління, самодіагностики AFM, включаючи виявлення програмних і апаратних відмов, обміну інформацією по послідовному каналу зв'язку з пультом оператора ГПС - OIS (Series 4 Protocol); організації обміну по послідовному каналу зв'язку з локальними системами автоматизації або засобами подання інформації інших фірм-виробників; забезпечення роботи з налагоджувальний засобом (Series 4 Protocol); внутрішнього обміну керуючих модулів (ІОМ) з розширювачами введення-виведення (EІОМ), що входять до складу комплексу (І / О Bus); прикладне програмне забезпечення для виконання наступних функцій управління, а саме: регулювання або обмеження основних параметрів ГПС; управління витратою палива; антипомпажного регулювання; розподілу навантаження між агрегатами; автоматичного

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	Лист
						20
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ненаголошеного введення (виведення) ГПС в магістраль (з магістралі); логічного управління і захисту ГПС і так далі.

Кожен з модулів АФМ орієнтований на виконання конкретних завдань і може містити до трьох прикладних функцій управління. АФМ базується на трьох типах апаратних модулів: ІОМ, ЕІОМ, МРМ./Output Module (ІОМ) - універсальний керуючий модуль, в якому встановлюється і виконується програмне забезпечення. ІОМ виконують відповідні алгоритми управління, приймають і видають (через «Дочірні плати» введення-виведення - DC) вхідні і вихідні сигнали і обмінюються інформацією з системами управління більш високого рівня. Так само можуть підтримувати декілька різних комплектів програмного забезпечення, які повинні бути логічно пов'язані один з одним. Залежно від встановленого програмного забезпечення модуль виконує функції GTCC або GTLC

До трансп'ютеру - збирачу нормалізованих сигналів від датчиків, підключаються (рису. 3.8):

- FLASH пам'ять об'ємом до 1 Мб 32-х розрядних слів;
- оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) до 128 Кб 32-х розрядних слів.

Центральним контролером модуля є 32-х розрядний трансп'ютер Т805А фірми Inmos, а контролером вводу-виводу БІС фірми Motorola-МС68332. Системна програма користувача виконується під керівництвом трансп'ютера. БІС формує чотири послідовних каналу, приймачі-передавачі, яких не мають гальванічного поділу. До одного з портів (СРІ) підключається ПЕОМ при налагодженні програми.

Крім того, трансп'ютер управляє двома послідовними каналами (PortA і PortB), які мають гальванічне розділення. Послідовні канали PortA і PortB (інтерфейс RS 422 / RS 485) призначені для зв'язку з віддаленими технічними засобами, зокрема, з МОІС. До контролера вводу-виводу підключається: системний банк пам'яті (FLASH пам'ять об'ємом 512 Кб 16-ти розрядних слів); прикладної банк пам'яті (FLASH пам'ять об'ємом 512 Кб 16-ти розрядних слів); статичне ОЗП об'ємом 128 Кб 16-ти розрядних слів. Контролер введення-виведення управляє роботою послідовного каналу RS 485 (Rx, Tx 332), до якого підключаються послідовні канали модулів розширення введення-виведення ЕІОМ. Зв'язок з вхідними та вихідними сигналами здійснюється через «Дочірні плати» (DC). Одна або дві «Дочірні плати» встановлюються безпосередньо на модуль ІОМ і тим самим визначають кількість і типи сигналів, що приймаються модулем. DC керуються контролером введення-виводу. Input / Output Module (ЕІОМ) - модуль розширення введення-виведення. Для збільшення загальної кількості сигналів вводу-виводу є можливість підключення до модулів ІОМ по послідовній зв'язку до восьми модулів ЕІОМ. Зв'язок з вхідними сигналами здійснюється модулем ЕІОМ через такі ж «Дочірні плати» (рисунок 3.9), як і ІОМ.

											Лист
											21
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	СУ-71 6.151.014 ПЗ						

В якості контролера вводу-виводу використовується інтегральні мікросхеми фірми Motorola - MC 68332, до яких підключені:

- системна FLASH пам'ять об'ємом до 512 Кб 16-ти розрядних слів; прикладна FLASH пам'ять об'ємом до 512 Кб 16-ти розрядних слів;
- постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗУ) обсягом 32 Кб 16-ти розрядних слів; статичне ОЗП об'ємом 128 Кб 16-ти розрядних слів;
- вузол управління двома дочірніми платами, через який здійснюється прийом і видача вхідних-вихідних сигналів, що надходять з дочірніх плат.

Послідовний канал RS485 (Tx, Rx-332) MC 68332 через приймачі використовується для організації зв'язку з контролерними модулями GTLC, GTCC. По цьому каналу передається (приймається) інформація, яка надходить від об'єкта управління через дочірні плати.

Крім збільшення кількості входів / виходів, ЕІОМ виконує пер-первинних обробку вхідних - вихідних сигналів (фільтрацію, калібрування, линеаризацію, контроль порогових значень і так далі) .Processor Module (MPM) - модуль комунікаційний (рисунк 3.10), призначений для межпроцессорного обміну ( Machine Communication Control (MCC)).

Комунікаційний модуль забезпечує: обмін інформацією між модулями ІОМ, а саме GTCC і GTLC; зв'язок САУ і Р з вищим рівнем управління.

Центральним контролером модуля є 32-х розрядний трансп'ютер T805A фірми Inmos. До трансп'ютерах підключаються:

- FLASH пам'ять об'ємом 256 Кб, 32-х розрядних слів;
- велика інтегральна схема (БІС) трансп'ютера формує чотири послідовних каналу, приймачі-передавачі яких не мають гальванічного поділу.

До першого і другого каналу трансп'ютера підключаються модулі MPM для обміну інформацією між собою (в разі використання декількох модулів MPM в одному пристрої). Третій канал трансп'ютера видає (приймає) інформацію на (від) передавачів (приймачів) дев'яти послідовних каналів. Для вибору номера каналу призначений регістр адреси і дешифратор, за допомогою яких формується сигнал, що надходить на приймач - передавач одного з дев'яти каналів. Четвертий канал трансп'ютера використовується для підключення ПЕОМ при налагодженні програми. Крім цього до складу модуля MPM включені схеми, які формують чотири послідовних каналу, які мають гальванічне розділення. При цьому в якості елемента гальванічної розв'язки в каналах А і В використовується – трансформатор (з частотою обміну до 10 МГц), в каналах Port A, Port B (з частотою обміну до 38,4 Кбод) - оптопара.

Електроживлення модуля ЕІОМ здійснюється від 2-х мереж 24 В, які надходять на стабілізатор напруги. На виході стабілізатора формується напруга 5 В.

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>22</i>

Блок екстреного аварійної зупинки (БЕАЗ) призначений для реалізації екстреного аварійної зупинки ГПС при повній відмові засобів автоматики (одночасна відмова джерел первинного електроживлення) і управляється оператором від кнопки ЕАЗ, розміщеної на пульті управління, або автоматично. Алгоритм екстреного аварійної зупинки полягає у включенні пускових маслососів, перестановці паливних клапанів і основних агрегатних кранів в стан, відповідне аварійного останову. Turbine Compressor Control (GTCC) - програмно-апаратний модуль регулювання агрегату (рисунок 3.11), в залежності від завантаженого пакету прикладних програм може виконувати до трьох спеціалізованих додатків (функціональних модулів).

Для кожної програми встановлюється окремий комплект програмного забезпечення, наприклад:

- модуль управління витратою палива (GT);
- модуль антипомпажного регулювання (AS);
- модуль розподіл навантаження між ГПС (PC).

Стандартні програми регулювання дозволяють конфігурувати модуль на будь-яке приватне застосування. На нього покладено функції автоматичного регулювання ГПС.

Модуль вирішує різні завдання регулювання ГПС, в тому числі, наприклад: управління (за різними критеріями) витратою палива через двигун; антипомпажного регулювання і захист нагнітача; регулювання процесу; управління пристроями механізації двигуна.

Для виконання зазначених функцій модуль GTCC включає в себе три функціональних програмних модуля.

Gas Turbine Logic Control (GTLC) – програмно-апаратний модуль логічного управління – призначений для виконання завдань логічного керування ГПС і його допоміжними механізмами і пристроями.

До складу модуля GTLC входять один центральний модуль (рисунок 3.13) ІОМ (на якому є дві дочірні плати) і до восьми модулів розширювача ЕІОМ (дві дочірні плати на кожному, що забезпечують необхідну кількість входів/виходів).

У модуль ІОМ завантажуються програми, складені на мові релейного логіки, що виконують конкретні функції з управління ГПС.

Стандартними функціями модуля є: виконання послідовностей по пуску і останову агрегату; забезпечення аварійного захисту та сигналізації; здійснення контролю роботи системи, а також координація функцій, які виконуються іншими модулями. Функції автоматичного управління виконує програмно-апаратний модуль логічного управління GTLC. Логічна програма розбита на дві функціональні групи, що включають аналіз різних умов роботи ГПС і виконання керуючих команд відповідно до заданого алгоритму.

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<b>23</b>

### **3.2. Панель оператора та пристрої живлення**

Пульти оператора призначений для індивідуального управління ГПС [20] за допомогою операторської станції, а також для управління сукупністю (до 8) ГПС з будь-якими типами приводів, що входять до складу цеху і загальноцеховими обладнанням за допомогою пульта оператора цехового рівня SHOIS (Shop Operator Interface Station).

У його функції входить забезпечення надання необхідної інформації і видачу команд управління за допомогою програмно-технічного комплексу на базі ПЕОМ, організація обміну інформацією з комплексами автоматики верхнього (нижнього) рівня, забезпечення інформаційних функцій комплексу «Series 4», організація комфортного робочого місця оператора .

Індивідуальний пульт управління (ПУ) може містити до 10 командних клавш (узгоджених з замовником), наприклад: більше – менше; АЛЕ; АТ; екстрений аварійний останок; деблокування екстреного аварійної зупинки; включення пиропатронів (для АСП) .module (ІМ) – індикаційний модуль являє собою інформаційне цифрове 6 знакова табло, на якому постійно відображається один з параметрів системи. Зазвичай комплекс містить три ІМ, на яких, наприклад, відображаються: частота обертання ТН, температура продуктів згорання, перепад тиску масло – газ. Operator Interface Station (МОІS) – станція контролю та управління ГПС (станція операторська) являє собою апаратно – програмний модуль призначений для контролю і управління технологічним процесом в складі комплексу «Series 4» .включає в себе персональний комп'ютер ІВМ РС (Pentium з ОЗП не менше 16 Мб), що працює під управлінням MS WINDOWS 95 (MS Windows 3.11 або MS Windows for Work Groups), пакет прикладних програм WOIS, а також технологічний інтерфейс оператора ГПС.

### **3.3. Засоби узгодження сигналу**

До узгоджувачів механізмів відносяться наступні:

*Пристрій зв'язку з об'єктом* [21]

Termination Assembly (FTA) – пристрій зв'язку з об'єктом призначене для:

- сполучення комплексу «Series 4» з вхідними та вихідними каналами об'єкта управління;
- установки вторинних перетворювачів для нормалізації, гальванічного поділу і посилення вхідних і вихідних сигналів.

На FTA розташовані клемники, до яких приєднуються кабелі від датчиків і виконавчих механізмів.

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

Використовуються такі типи FTA:

- SFTA служить для підключення частотних до 6 вхідних і вихідних дискретних сигналів до GTCC;
- FTA-43 служить для підключення, запітвнення, нормалізації і гальванічного поділу через вторинні перетворювачі, 16 аналогових вхідних сигналів від первинних перетворювачів температури (термоперетворювачів опору (ТС), термоелектричних перетворювачів (ТП), струмових сигналів величиною 4..20 мА) і датчиків , що мають вихідний сигнал 4..20 мА або 0..5 В;
- FTA-52 служить для прийому 19 сигналів від двохпозиційних датчиків об'єкта, і установки перетворювачів для гальванічного поділу і нормалізації дискретних сигналів;
- FTA-62 служить для гальванічного поділу і посилення 18 вихідних сигналів управління виконавчими механізмами технологічного об'єкта з одночасним контролем справності ланцюга управління (на вимогу замовника).

#### *Порти послідовної зв'язку [18]*

Обмін інформацією між регуляторами здійснюється через порти послідовного зв'язку. Для цього регулятори з'єднуються за принципом «Загальної шини». Через ці канали здійснюється передача команд на пуск і зупинку компресорів, синхронізація роботи регуляторів швидкості та навантаження з протипомпажного регуляторами, передача завдань від головного регулятора, та інші способи зв'язку всередині САУ.

Всі регулятори навантаження і антипомпажного регулятори з'єднані між собою через порт 1, які є самим швидкодіючим. Тому порту здійснюється передача інформації від антипомпажного регуляторів регуляторами навантаження. Портом 2 здійснюється зв'язок всіх регуляторів зі станційним головним регулятором.

З цього порту головний регулятор збирає дані про відстані робочих точок кожного компресора від кордону помпажа для формування завдань на перерозподіл навантаження між ГПС, яке він передає також з цього порту.

Порт 3 пов'язує регулятори навантаження з регуляторами швидкості. До порту 4 підключається стандартний персональний комп'ютер, в який завантажується програма Workstation Operator Interface Software (WOIS).

Для підключення великої кількості регуляторів до комп'ютера потрібно плата розширення портів (DigiBord). Обмін інформацією між комп'ютером і системою управління проводиться по уніфікуючих протоколу MODBUS. Через цей порт виробляється також введення і коригування параметрів регуляторів за допомогою програми TOOLBOX, як через робочий комп'ютер, так і через підключий LAPTOP (переносний ноутбук), полкключаємий до порту COM2 робочого комп'ютера.

#### *Противарійний захист [19]*

									<i>Лист</i>
									25
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					



На функціональній схемі автоматизації також виконані компоненти протиаварійного захисту, проведемо короткий опис обраних компонентів ПАЗ.

Система захисту по частоті обертання КВТ, СТ призначена для захисту газової турбіни, при перевищенні частоти обертання якого може відбутися відрив лопаток, руйнування замків і дисків, можуть з'явитися осьові зрушення і руйнування підшипників.

Захист по температурі газу на вході і виході нагнітача необхідна для запобігання осьових зсувів, появи вібрації, руйнування підшипників.

Захист по тиску газу на вході і виході нагнітача забезпечує запобігання появи шкідливих вібрацій, порушення цілісності роботи нагнітача. Перелік протиаварійного захисту наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Перелік протиаварійного захисту [19]

№ сценарію захисту	№ позиції захисту	Умова спрацювання	Дія захисту
1	24	Перевищення аварійної уставки по частоті обертання КВТ	Закриття стопорного клапана
2	25	Перевищення аварійної уставки по частоті обертання СТ	Закриття стопорного клапана
3	13-1	Перевищення аварійної уставки по температурі газу на виході з Н	Закриття стопорного клапана
4	1	Перевищення аварійної уставки по Р газу на вході	Закриття стопорного клапана
5	2	Перевищення аварійної уставки по Р газу на виході	Закриття стопорного клапана

#### 3.4. Засоби зчитування інформації

На ГПС контроль і сигналізація здійснюється за великим числом параметрів. Основні з них включені в систему аварійно - попереджувального захисту та сигналізації (рис. 3.1).

До них відносяться: тиск масла мастила, перепад тиску між газом в порожнині нагнітача і маслом ущільнення, температура підшипників компресора, температура продуктів згоряння, частота обертання роторів, тиск газу на вході і виході компресора, температура газу на вході і виході компресора і так далі.

Вимірювання тиску паливного газу перед дозатором (позиція 6) і після дозатора (позиція 7) здійснюється за допомогою датчика тиску типу «Сапфір-22 ДІ» [16].

Вимірювання температури газу на вході нагнітача (позиції 12-1, 12-2), вихід нагнітача (позиції 13-1, 13-2) здійснюється за допомогою термометра опору марки ТСП-1 187 в комплекті з перетворювачем температури AGM НМР-4002-17, вихідний сигнал яких надходить на регулятор швидкості турбіни SIC і на антипомпажного регулятор UIC.

Для вимірювання обертів ротора компресора низького тиску (КНД), високого тиску (КВТ) і ротора нагнітача використовуються датчики швидкості марки НН & А-280Z213 (позиції 24, 25, 26), закріплені на агрегатах і використовують частотний сигнал для передачі даних на регулятор швидкості турбіни SIC.

Одним з основних параметрів системи управління є сигнал по витраті. Він використовується не тільки в алгоритмах антипомпажного захисту, але і розподілу навантаження між агрегатами. Для вимірювання витрати газу застосовується ультразвуковий витратомір Гіперфлоу-УС (позиції 18, 19, 20, 21, 22, 23).

Перелік вимірювальних приладів і перетворювачів нижнього рівня вказано в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Перелік первинних перетворювачів нижнього рівня ГПС

Позиційне позначення	Назва	Кількість	Примітка
1, 2, 3, 4, 5	Перетворювач тиску STG 94L-E1G	5	ExiaIICT5
6, 7	Датчик тиску-22 ДИ»	2	1ExdIIBT4
8	Перетворювач різниці тиску Honeywell STD 930	1	
9	Датчик різниці тиску ТЖИУ-406Д	1	1ExdIIBT4
10-1, 11-1	Термоперетворювач опору ТСП-1187	5	1ExdIICT6
12-1, 13-1			
14-1			
10-2, 11-2	Перетворювач температури AGM НМР-4002-17	5	1ExdIICT6
12-2, 13-2			
14-2			
15, 16	Термоперетворювач опору ТСПУ-5081	2	1ExdIICT6
17	Перетворювач термоелектричний ТХАУ-1172	1	1ExdIICT6
18, 19, 20	Витратомір ультразвуковий «Гіперфлоу-УС»	6	ExibIIAT6X
21, 22, 23			
24, 25, 26	Датчик швидкості НН&А-280Z21387	3	ExiaIICT5
27	Пускова арматура	1	
28, 29, 30	Ключ управління	17	

*Датчик різниці тиску ТЖИУ-406Д*

Датчики надлишкового тиску ТЖІУ-406Д [3] вибухозахищеного і не вибухонебезпечного виконання застосовуються для безперервного перетворення значення надлишкового тиску газів і рідин, неагресивних по відношенню до титанових сплавів, в уніфікований вихідний сигнал постійного струму в системах контролю і управління тиском.

Особливості виконання датчика тиску ТЖІУ-406Д:

- маркування вибухозахисту «IExdIIВТ4», відповідає ГОСТ 22782.0-81, вид вибухозахисту - вибухонепроникна оболонка по ГОСТ 22782.6-81;
- вбудований електронний гаситель пульсацій вимірюваного тиску;
- пристрій захисту від перенапруг;
- можливість перенастроювання меж вимірювань.

Технічні характеристики датчика тиску ТЖІУ-406Д вказані в табл. 3.5.

Таблиця 3.5– Технічні характеристики датчика тиску ТЖІУ-406Д

Характеристика	Значення
Діапазон вимірюваних тисків, МПа	0-0,04; 0-25
Вихідний сигнал постійного струму, мА	4..20; 0..5
Межа похибки, %	±0,15
Діапазон робочих температур, °С	от - 60 до +80

Схема зовнішніх електричних з'єднань датчика ТЖІУ-406Д пред-ставлена на рис. 3.6.

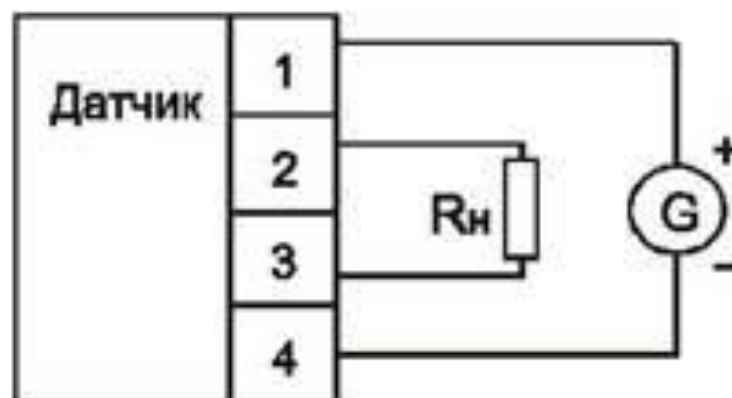


Рисунок 3.6 – Схема електричних з'єднань датчика ТЖІУ-406Д:  $R_n$  – опір навантаження, Ом;  $G$  – джерело живлення.

Перетворювач термоелектричний ТХАУ-1172 [11]

Для вимірювання температури різних середовищ корабельних енергетичн-ських установок і систем з перетворенням температури в уніфікований електричний вихідний сигнал постійного струму 4..20 мА. В якості первинних перетворювачів використовуються термоперетворювачі опору з номінальною статичною характеристикою (НСХ) перетворення 100П, 100М по ГОСТ6651-94 і термоелектричні перетворювачі з НСХ перетворення ХА (К), ХК (L), ПН (N), РК (J) по ГОСТР 8.585 -2001 з ізольованим спаєм. Технічні характеристики термоелектричного перетворювача ТХАУ-1172 при-ведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики термоелектричного перетворювача ТХАУ-1172

Характеристики	Значення
Вихідний ток, мА	4..20
Опір навантаження з лінією зв'язку, кОм, не більше	
- для напруги харчування 24 В	0,6
- для напруги харчування 36 В	1,2
Напруга харчування від джерела постійного струму, В	14-36
Споживча потужність, Вт, не більше	1

Електрична схема підключення перетворювачів з уніфікованим вихідним сигналом представлена на рис. 3.8.

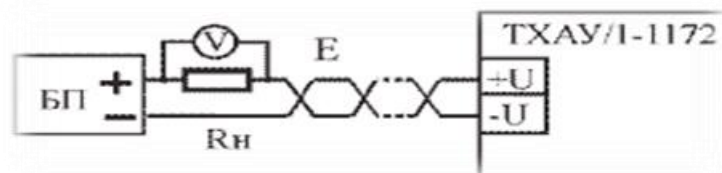


Рисунок 3.8 – Електрична схема підключення ТХАУ-1172: БЖ – блок живлення постійного струму, напруга 18...36В; Rн – опір навантаження для вимірювання; V – вимірювальний пристрій; E – двухпровідна лінія зв'язку (кручена пара)

#### Вимірювальний перетворювач надлишкового тиску Сапфір-22 ДІ

Прилад призначений для перетворення величини надлишкового тиску рідких та газових середовищ в уніфікований струмовий вихідний сигнал дистанційної передачі, для роботи в системах контролю, обліку, регулювання технологічними процесами. У табл. 3.9 наведені технічні характеристики датчика «Сапфір-22 ДІ».

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики датчика «Сапфір-22 ДІ»

											Лист
											29
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Характеристики	Значення
Вихідний сигнал, мА	0..5;4..20
Верхні межі вимірювань, МПа	0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0; 40,0; 60,0
Похибка вимірювань, %	0,3
Тип вибухозахисту	Вибухонепроникна оболонка, маркування 1ExdПВТ4
Напруга живлення постійного струму, В	24-36

Схема зовнішнього електричного зв'язку датчика «Сапфір-22 ДІ» на рис. 3.10.

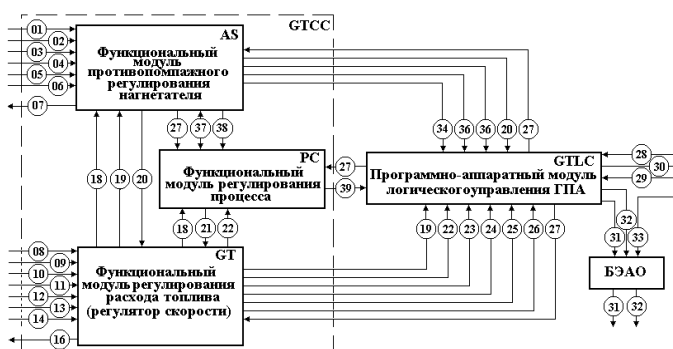


Рисунок 3.10– Схема зовнішнього електричного з'єднання датчика «Сапфір-22 ДІ»:

ПР – перетаорювач; G – джерело живлення; Rн – опір навантаження, Ом.

### Витратомір ультразвуковий «Гіперфлоу-УС»

Витратомір ультразвуковий «Гіперфлоу-УС» призначений для вимірювання в робочих умовах і приведеного до нормальних умов витрати та кількості природного газу та інших газових середовищ в напірних газопроводах діаметром від 100 до 1600 мм.

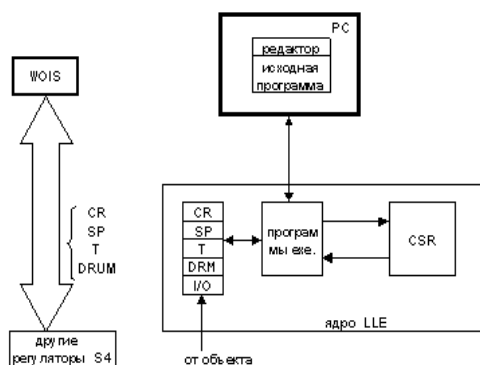


Рисунок 3.11 – Схема зовнішнього електричного з'єднання датчика «Сапфір-22 ДІ»

Витратомір призначений для комерційного і технологічного обліку витрати та кількості газових середовищ на промислових і комунальних об'єктах як автономне засіб вимірювання, а також у складі автоматизованих си-стем обліку і контролю або передачі інформації в інші системи.

За принципом дії витратомір відноситься до времяімпульсним ульт-развуковим витратомірам, робота яких заснована на вимірі різниці часів проходження зондувальних імпульсів ультразвукових коливань між парними і непарними датчиками п'єзоелектричними ДПЕ у напрямку швидкості потоку робочого середовища в вимірювальному газопроводі (первинному перетворювачі), і проти нього (по V-, W-образним або за лінійним шляхом) (рис. 3.12).

Порушення і прийом зондируючих імпульсів проводиться п'єзоелектричними датчиками, що встановлюються на вимірювальний трубопровід з вимірюваним витратою. Поперемінна комутація режимів «прийом-передача» пар датчиків забезпечується блоком електронним.

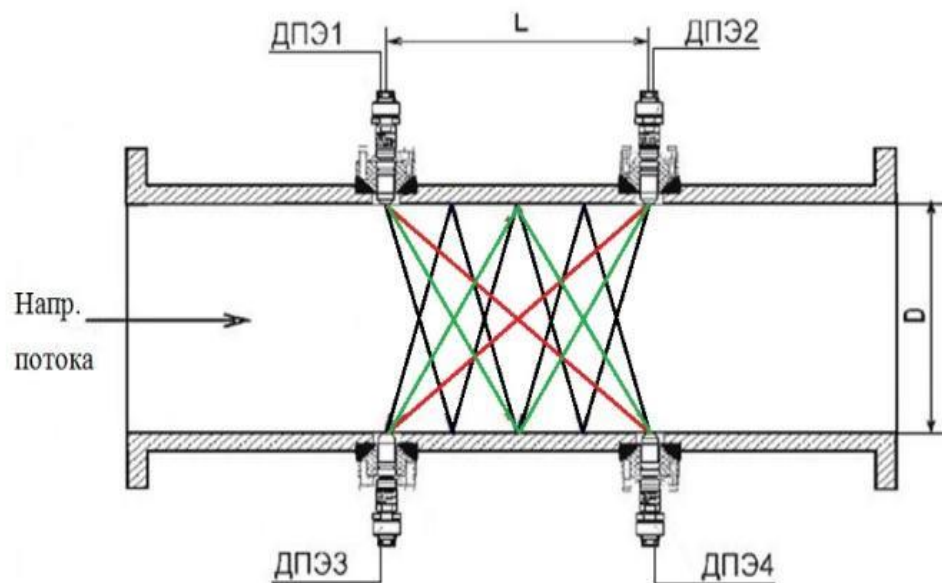


Рисунок 3.12 – Принцип роботи витратоміра: чорний – W-подібний шлях ультразвукового променя; зелений – V- подібний шлях ультразвукового променя; червоний – лінійний шлях ультразвукового променя.

**4.1. Розробка керування тиском газоперекачувальної станції**

В процесі роботи станції треба підтримувати тиск в трубопроводі колектора - нагнітача, не перевищувавши заданого рівня, що виходить з умов якості трубопроводу, але і не падало нижче заданого рівня, виходячи з умов кавітації насосних агрегатів.

Регульованим параметром технологічного процесу оберемо тиск газу в компресорі. Виберемо алгоритм ПД регулювання для забезпечення заданої якості регулювання за досить короткий час виходу на уставку і з невеликою чутливістю до зовнішнього впливу.

ПД-регулятор видає необхідний керуючий вплив для підтримки величини на заданому значенні, вимірюючи відхилення від початкової величини.

Структурна схема автоматичного регулювання [6] тиску наведена на рис. 4.1. Дана схема включає такі основні елементи: завдання функції, ПЛК з ПД-регулятором, регулюючий орган, об'єкт управління.

Функціональна схема системи підтримки тиску в трубопроводі станції наведена на рис. 4.1:

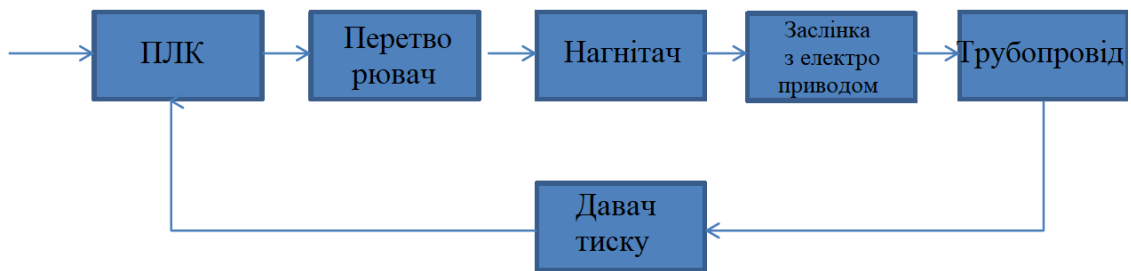


Рисунок 4.1 – Функціональна схема ГПС

Трубопровідна ділянка після нагнітача являється об'єктом управління. За допомогою панелі оператор задає тиск, який необхідно підтримувати в даному трубопроводі. Далі поточний тиск наводиться до сталого токового сигналу 4-20мА і подається на ПЛК. В контролері з датчика тиску також подається значення, відбувається порівняння значень, і вихідний сигнал формується, а також направляється на перетворювач, що має напругу від нагнітача на виході. На виході нагнітача сформована кутова швидкість, яку задають рухомі лопаті, пропорційно яких газ змінюється. Далі в трубопроводі відбувається зміна тиску в залежності від стану засувки, відкрита або закрита.

У процесі управління агрегату необхідно підтримувати тиск газу на виході рівному 4.5 МПа, тому в якості функції передачі завдання виступає поступовий вплив, який під час запуску програми варіює значення з 0 до 4.5.

Модель [13] приведена на рис. 4.2:

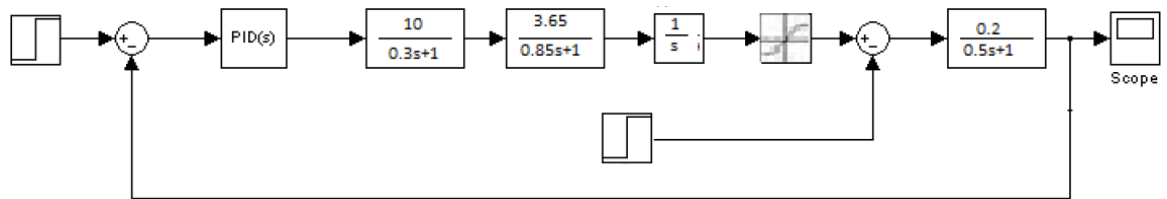


Рисунок 4.2 – Структурна схема газоперекачувальної станції

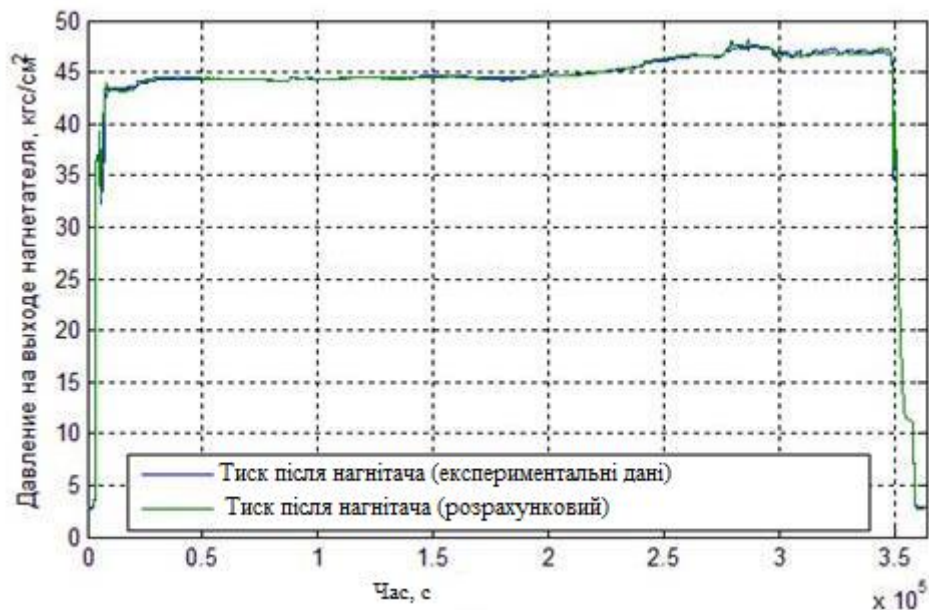


Рисунок 4.3 – Залежності тиску на виході нагнітача ГПС від часу (на підставі експериментальних даних і розрахунковий)

#### 4.2. Програмування мовою ST

ST (Structured Text) – текстова високорівнева мова загального призначення, по синтаксису Паскаль - орієнтована. Мова від самого початку має широке використання для опису дій в межах кроків і переходів.

ST програма являє собою список операторів ST, кожен з яких закінчується крапкою з комою.

Імена, що використовуються в вихідному коді (константи, ідентифікатори змінних, ключові слова) розділяються неактивними роздільними знаками (символами кінця лінії, пробілами, і табуляції) або активними роздільними знаками, що мають певне значення (як приклад, роздільний знак ">" означає «більше, ніж» у порівнянні). У тексті можуть вводиться коментарі. Коментар мати «(» на початку і «)» в кінці. Кожен інструкція закінчується знаком " ; ".



Основні інструкції мови ST:

- оператор рівно (variable: = expression);
- виклик виконуваного файлу або функціональної одиниці;
- виклик смислового блоку оператор розгалуження (IF, THEN, ELSE);
- інструкція вибору (CASE);
- ітератори циклів (FOR, WHILE, REPEAT);
- оператори контролю (RETURN, EXIT);
- вузькоспрямовані оператори для зв'язку мовами, на кшталт SFC.

Оператор рівно:

«: =» – наділяє зміну значенням деякого константного вираження: <змінна>: = <будь-який вираз або константа>.

Булеві інструктори:

NOT, AND, OR, XOR.

Оператори рівно:

<, >, =, <=, >=.

Оператор контролю RETURN

RETURN виконує завершення поточної програми, а також забезпечує кінець виконання блоку у одиниці операцій на SFC - мові.

Оператор IF-THEN-ELSE<умова> then <список інструкторів 1>: end\_if;

Лістинг головної програми [11]:

CASE STEP OF

```
: Uamot:= FALSE;a_o:= FALSE;_o:= FALSE;_z:= FALSE;_0:= FALSE;_z:=
FALSE;_o:= FALSE;_z:= FALSE;_on:= FALSE;_on:= FALSE;_on:= FALSE;_off:=
FALSE;_off:= FALSE;_on:= FALSE;_on:= FALSE;_off:= FALSE;_off:= FALSE;_go:=
FALSE;_on:= FALSE;_off:= FALSE;_pusk:= FALSE;_on:= FALSE;_off:= FALSE;_on:=
FALSE;_on:= FALSE;_o:= FALSE;a_z:= FALSE;_mag:= FALSE;_mag:= FALSE;a_o:=
FALSE;_z:= FALSE;_on:= FALSE;_dv:= FALSE;_z:= FALSE;_z:= FALSE;_o:= FALSE;_z:=
FALSE;_z:= FALSE;_on:= FALSE;_o:= FALSE;_ohl:= FALSE;_g:=FALSE;
```

```
T1:= t#0s;:= t#0s;:= t#0s;:= t#0s;:= t#0s;:= 1;
```

```
: IF (pusk = TRUE) THEN _pusk:= TRUE;
```

```
T1:= t#0s; tstart(T1);
```

```
STEP:= 2;_IF;
```

```
: IF (T1>t#10s) THEN(T1);_on:= TRUE;_on:= TRUE;_on:= TRUE;:= 3;_IF;
```

```
: IF (dP0_12 = TRUE) THEN _o:= TRUE;:= 4;_IF;
```

```
: IF (Xkr4_o = TRUE) THEN
```

```
Ukr4_o:= FALSE;:= t#0s; tstart(T2);
```

						<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			34

```

STEP:= 5;_IF;
: IF (T2>t#20s) THEN(T2);a_o:= TRUE;:= TRUE;_z:= TRUE;_o:= TRUE;_z:=
TRUE;:= 6;_IF;
: IF (Xkr1_o = TRUE AND Xkr4_z = TRUE AND Xkr5_z = TRUE) THEN
Igpa_on:= TRUE;_z:= FALSE;_z:= FALSE;
Ukr1_o:= FALSE;a_o:= FALSE;:= FALSE;_on= TRUE;_go:= TRUE;:= t#0s; tstart(T3);:=
7;_IF;
: IF (T3>t#30s) THEN:= 8;_IF;(n2600 = TRUE) THEN:= 9;_IF;
: tstop(T30);_on:= TRUE;(Y = TRUE) THEN:= 0;_IF;
: Ustar_on:= FALSE;_on:= TRUE;_on:= TRUE;_off:= TRUE;:= 10;
: IF (n5900:= TRUE) THEN_off:= TRUE;_pusk:= FALSE;_on:= TRUE;:= 11;_IF;
: IF (Stop:= TRUE) THEN:= 0;_IF;(Xmag:=TRUE)
THEN_on:=TRUE;:=12;_IF;(Xper_no:=TRUE) THEN:=21;_IF;
: IF (Xo_kr2:=TRUE) THEN_o:=TRUE;:=13;_IF;
: IF (Xkr2_o:=TRUE) THEN_o:=FALSE;a_z:=TRUE;:=14;_IF;
: IF (X6a_z:=TRUE) THENa_z:=FALSE;_mag:=TRUE;:=15;_IF;
IF (Stop1:=TRUE) THEN:=0;(Xno_mag:=TRUE) THEN_mag:=TRUE;:=16;_IF;
: IF (Xo_6a:=TRUE) THENa_o:=TRUE;:=17;_IF;
: IF (X6a_o:=TRUE) THENa_o:=FALSE;:=18;_IF;
: IF (Xz_kr2:=TRUE) THEN_z:=TRUE;:=19;_IF;
: IF (Xkr2_z:=TRUE) THEN_z:=FALSE;:=20;_IF;
: IF (Xgo_kol:=TRUE) THEN:=11;_IF;
: Urvr_on:=TRUE;
T4:= t#0s; tstart(T4);:=22;
: IF (T4>t#300s) THEN
tstop(T4);_on:=FALSE;_dv:=TRUE;_o:=TRUE;_z:=TRUE;_z:=TRUE;:=23;_IF;
: IF (n300:=TRUE AND n1300:=TRUE) THEN
T5:= t#0s; tstart(T5);_z:=TRUE;_z:=TRUE;
Ukr9_o:=FALSE;_z:=FALSE;_z:=FALSE;:=24;_IF;
: IF (T5>t#300s) THEN
tstop(T5);
Ukr6_z:=FALSE;_z:=FALSE;_o:=TRUE;_on:=TRUE;:=25;_IF;
: IF(dP_0.5:=TRUE)
THEN_o:=FALSE;_ohl:=TRUE;_off:=TRUE;_off:=TRUE;_off:=TRUE;:=26;_IF;
: IF (nst:=TRUE) THEN_off:=TRUE;:=27;_IF;
: IF (ntvd:=TRUE) THEN_g:=TRUE;:=0;_IF;_CASE;

```

						<i>CV-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>ЗМН</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			35

### 4.3. Розробка SCADA-системи управління

Керування в АС ГПС реалізується через набір екранних форм (мнемосхем), що наочно представляють хід реалізуємого процесу, стан пристроїв і його параметри.

АРМ оператора містить робочу панель, що складається з таких зон:

- зона відеокадра;
- вікно своєчасних сигналів;
- лінія користувача;
- лінія часу;
- лінія дати.

Відеокадри потрібні для контролю за станом технологічного обладнання та його управлінням. Відеокадри складаються з таких елементів:

- мнемосхеми, що відображають основну технологічну інформацію;
- додаткові SCADA установки параметрів технологічних і контрольно-вимірювальних пристроїв.

В зоні відеокадра АРМ оператора доступна мнемосхема [10] ГПС (рис. 4.4).

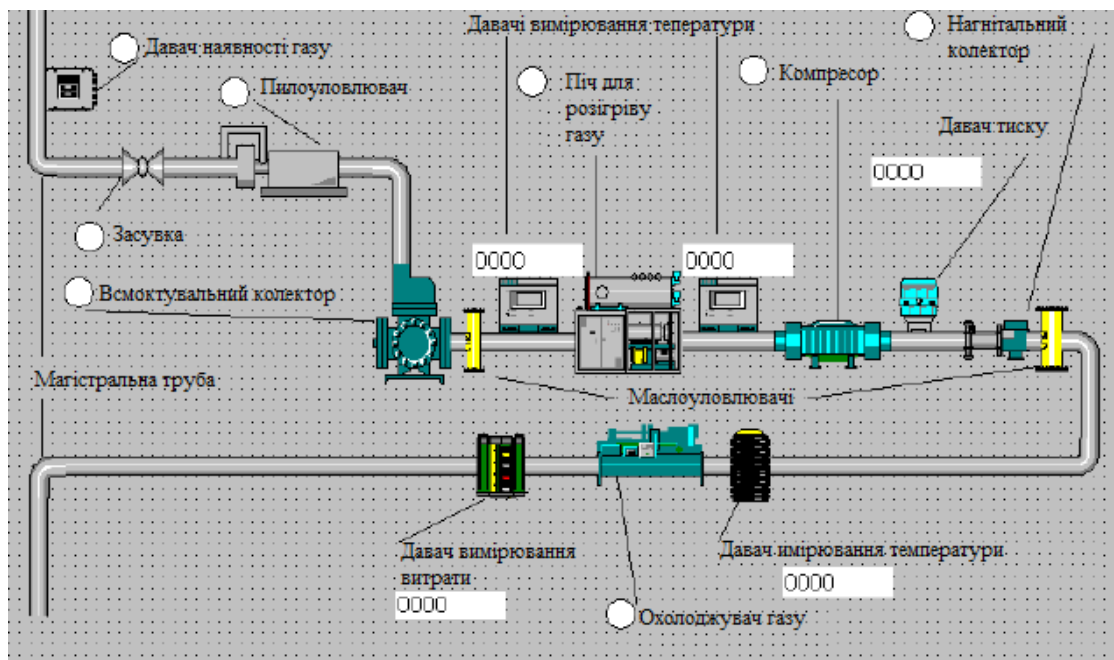


Рисунок 4.4 – Мнемосхема ГПС

На мнемосхемі станції відображена робота деяких об'єктів та їх параметрів:

- вимірювані і сигнальні величини;
- вимірювані величини нагнітачів;
- стан клапану та режим його роботи .

Дана мнемосхема дає змогу виконати наступне:

- варіанти режиму роботи і управління клапаном;
- маскування або імітація параметрів, які вимірюються і сигналізуються.
- варіант режиму компресорного управління
- відстеження ситуацій, що призводять до аварій
- відстеження станів вузлів станції

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

## РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВТІЛЕННЯ СИСТЕМИ

До основних факторів, забезпечуючих ефект в економії при впровадженні нових технічних засобів, відносяться:

- 1) зменшення витрат для проведення ремонтів у двигунах станцій, що виходять з ладу через утворення помпажу;
- 2) додаткова поставка газу в газопровід через виключення зупинок і простоїв ДПС внаслідок помпажу;
- 3) зменшення витрат газу на запуск і зупинку;
- 4) функціонування компресорної станції незалежно від режиму роботи.

Мета розрахунку – визначити економічну ефективність застосування системи управління та контролю Series-4.

Вихідні дані для розрахунку [5] наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	До впроваджен ня	Після впровад ження
Час простою ГПС, годин	13,00	-
Кількість втраченого газу за час простою, тисяч м <sup>3</sup>	2450,00	-
Кількість зупинок ГПС, штук	2,50	-
Кількість газових витрат на пуски та аррестори ГПС, тисяч м <sup>3</sup>	17,80	-
Витрати на заходи, тисяч гривень: у тому числі:	-	590,042
Кількість витрат на матеріали та обладнання	-	1,600
Витрати на установку	-	830
Вартість капремонту ГТД, тисяч гривень (Дані 01.01.2021)	710,100	-
Собівартість газу за 2021 рік, тисяч гривень / тисячу м <sup>3</sup>	-	0,024
Вартість газу на 2021, тисяч гривень / тисячу м <sup>3</sup>		0,09

Вартість впровадження автоматизованої системи визначається по каталогу від 01.01.2021 року (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Вартість впровадження автоматизованої системи

Назва обладнання	Тип	Вартість , тисяч гривень	Кількіс ть, штук	Сума, тисяч гривень
Контролер процесу	Series 4	23,000	2	46,000
Регулятор холодного перепуску	Series 4	23,000	1	23,000
Контролер навантаження	Series 4	23,000	3	69,000
Контролер швидкості	Series 4	23,000	3	69,000
Регулятор протипомпажу	Series 4	23,000	3	69,000
Трансформер тиску	STG97LEIG	4,600	8	36,800
Перемикач резерву	EHS-CCC	4,600	1	4,600
Конвектер перепаду тиску	STD924EIH	4,470	4	17,880
Трансформер температури	AGMHPM	4,600	10	46,000
Клапан з поетапним приводом	4002-17	1,150	3	3,450
Термометр опору	Mokveld	0,460	10	4,600
Конвектор тиску	ТСП-1187	0,460	3	1,380
Бар'єр безпеки спалаху	STG94LEIG 728outputs 728sinputs	0,800	3	2,400
Разом, грн.: 393 110				

$Z_{п} = 393\ 110$  гривень,

$Z_{т} = Z_{п} \cdot K_{т} = 393\ 110 \cdot 0,02 = 7\ 862$  гривень,

$Z_{д} = Z_{п} \cdot K_{д} = 393\ 110 \cdot 0,04 = 15\ 724$  гривень,

$Z_{зс} = K_{ЗС} \cdot Z_{п} = 393\ 110 \cdot 0,012 = 4\ 717$  гривень

$Z_{зч} = K_{ЗП} \cdot Z_{п} = 393\ 110 \cdot 0,02 = 7\ 862$  гривень,

$Z_{К} = K_{К} \cdot Z_{п} = 393\ 110 \cdot 0,01 = 3\ 931$  гривень,

$Z_{м} = K_{М} \cdot Z_{п} = 393\ 110 \cdot 0,2 = 78\ 622$  гривень.

Витрати на установку приймаємо рівним КНР = 70% до основної заробітної плати спеціалістів, що беруть участь в установці. Установку проводять чотири слюсаря 5 розряду і один зварювальник теж 5 розряду протягом чотирьох днів (тривалість одного робочого дня складає 8 годин). Згідно тарифу ставка за годину праці слюсаря 5 розряду 0,07 тисяч гривень. Тарифна оплата за три дні з п'яти робочих складає:

						<i>Лист</i>
						39
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СУ-71 6.151.014 ПЗ

$$З_{зп} = ЧТС \cdot Д \cdot Н \cdot Р \cdot К_{сєв} \cdot 1,3 = 47\,000 \text{ гривень,}$$

$$З_{нр} = КНР \cdot З_{зп} = 25\,600 \text{ гривень,}$$

$$Н_{пл} = К_{пл} \cdot (З_{зп} + З_{нр}) = 3\,720 \text{ гривень.}$$

Сума капітальних витрат:

$$К = З_{п} + З_{т} + З_{д} + З_{зч} + З_{к} + З_{м} + З_{зп} + З_{нр} + Н_{пл} = 553\,344,22 \text{ тисяч гривень.}$$

Розрахунок поточних витрат:

$$З_{тр} = КТР \cdot К = 20\,445 \text{ гривень.}$$

$$А = КА \cdot К = 39\,270 \text{ гривень.}$$

Загальна сума поточних витрат:

$$З_{р} = З_{тр} + З_{зп} + А = 96\,230 \text{ гривень.}$$

Економічні розрахунки представлені в табл. 5.3, 5.4, зміна потоків грошей (рис. 5.1) і внутрішня норма прибутковості (рис. 5.2). Дисконтна ставка 13%. Величина розрахункового періоду – 11 років.

Таблиця 5.3 – Розрахунок податку на майно, гривень.

Назва показника	Рік									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вартість основних фондів на початок року	7861 50	7160 31	6230 63	5211 62	4854 27	3720 73	3176 18	2323 64	1504 09	7635 5
Амортизаційні відрахування	7405 5	7405 5	7405 5	7405 5	7405 5	7405 5	7405 5	7405 5	7405 5	7405 5
Вартість основних фондів на кінець року	7216 91	6134 36	5178 24	4423 27	3680 73	3238 18	2256 04	1750 09	7558 3	0
Середньорічна вартість основних фондів	6984 18	6369 63	5706 09	5029 54	4387 00	3514 05	2542 91	1978 36	1134 82	3402 57
Податок на майно	1492 1	1334 5	1177 8	1021 1	8464	7607	5150	3923	2386	709

Таблиця 5.4 – Розрахунок проекту за його ефективністю

Назва показника	Рік											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Капітальні вкладення, гривень	7883 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Вигоди, гривень	-	2863 420	2863 420	2863 420	2863 420	2863 420	2863 420	2863 420	28 63 42 0	28 63 42 0	28 63 42 0	2863 420
Експлуатаційні витрати, гривень	-	1734 05	1734 05	1734 05	1734 05	1734 05	1734 05	1734 05	17 34 05	17 34 05	17 34 05	1734 05
в т.ч амортизація, гривень	-	7675 5	7675 5	7675 5	7675 5	7675 5	7675 5	7675 5	76 75 5	76 75 5	76 75 5	7675 5
Податок на майно, гривень	-	1309 2	1309 2	1309 2	1309 2	1309 2	1309 2	1309 2	13 09 2	13 09 2	13 09 2	1309 2
Валовий прибуток, гривень	-	2705 ,7	2707 ,8	2708 ,8	2710 ,4	2712 ,0	2713 ,5	2713 ,5	27 15, 1	27 16, 7	27 18, 2	2719 ,8
Податок на прибуток, гривень	-	5324 11	5324 11	5324 11	5324 11	5324 11	5324 11	5324 11	53 24 11	53 24 11	53 24 11	5324 11
Чистий операційний дохід, гривень	-	2182 431	2182 431	2182 431	2182 431	2182 431	2182 431	2182 431	21 82 43 1	21 82 43 1	21 82 43 1	2182 431
Сальдо грошового потоків від операційної діяльності, гривень	-	2432 106	2430 2	2362 411	2328 654	2426 17	2440 279	2440 279	23 80 42	22 97 10 4	23 83 57	2312 616
Сальдо грошового потоків від інвестиційної діяльності, гривень	- 7753 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-71 6.151.014 ПЗ

Лист

41



Сальдо двох потоків (чисті грошові надходження проекту), гривень	- 7846 15	2221 566	2212	2214 241	2215 874	2226 997	2217 689	22 39 02 2	22 30 19 4	22 31 43 7	2242 679
коефіцієнт дисконтування	1,11	0,78	0,68	0,59	0,63	0,57	0,39	0,4 2	0,3 4	0,3 8	0,23
Чисті дисконтовані грошові надходження проекту, гривень	- 7462 15	2467 25	1919 120	1510 607	1482 32	1462 118	1158 641	97 02 00	82 67 16	80 32 6,2	6845 43
Чисті дисконтовані грошові надходження проекту нарастаючим підсумком, гривень	- 7832 15	1169 121	3088	4599 180	6225 614	7288 210	8406 411	93 96 30 2	10 26 07 2	10 10 41 9	1283 6122

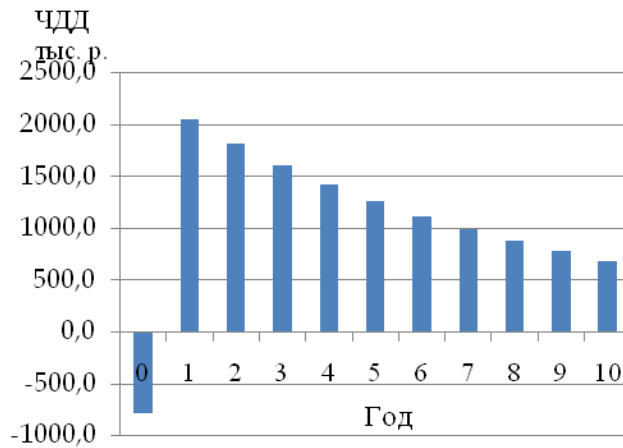


Рисунок 5.1 – Зміна потоків готівки

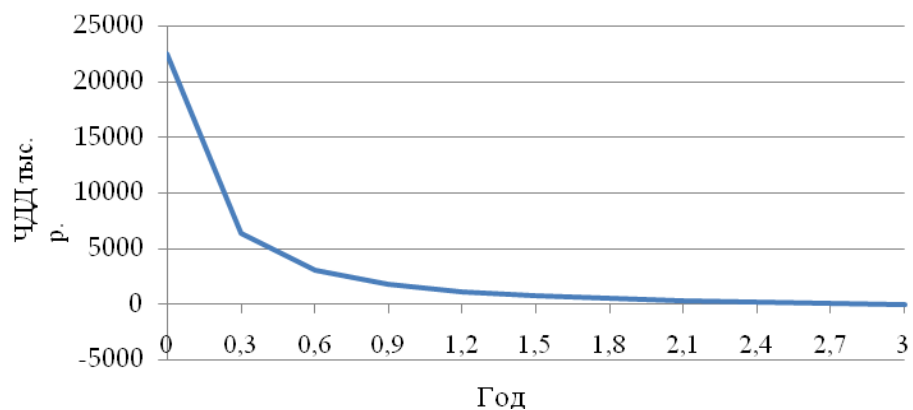


Рисунок 5.2 – Внутрішня норма прибутковості

Ефективність даного проекту зазначена в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Ефективність даного проекту

Найменування	Значення
1. Інвестиції, гривень	778545
2. Період розрахунку, років	11
3. Вигода, гривень / рік	2820130
4. Дисконтована ставка, відсотків	13
5. Чиста поточна вартість, гривень	12136472
6. Індекс прибутку, умовних одиниць	15,87
7. Внутрішня норма прибутковості, відсотків	269
8. Термін окупності, років	0,7

Виходячи з розрахунків, придбання нового обладнання (системи автоматизації Series-4) доцільно для підприємств, так як дисконтований потік позитивний за проектом, розрахована внутрішня норма прибутковості вище ціни капіталу, індекс прибутку більше 1. Даний проект ефективний з точки зору економії.

## РОЗДІЛ 6. ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ ОПЕРАТОРА ГПС

Задля убезпечення виробництва під час монтажу та використання засобів автоматизації, тут потрібно надати характеристику виробничого середовища автоматизації, а також виконати аналіз виробничих небезпек. Безпека роботи та екологічна безпека для ГПС повинні дотримуватися повсякчасно під час монтажу, підтримки і налагодження засобів автоматизації. Недотримання вимог ОП та/або техніки безпеки на газоперекачувальній станції може призвести до травматизму чи отруєнь.

Через збільшення ступеня надійності системи автоматизації ГПС стає безпечніше. Дотримуючись техніки безпеки при всіх роботах в приміщенні станції виключається ймовірність виникнення екстрених ситуацій, вибухів, спалахів і отримання робочих травм.

### **6.1. Аналіз шкідливих або небезпечних факторів виробництва [9]**

Датчики монтуються безпосередньо на об'єкти техніки (патрубки, апарати, ємності), в яких під час експлуатації системи в якості робочого середовища виступає природний газ, а вторинні перетворювачі розташовано в операторній.

Робочі ризики і шкідливості зумовлюються одним або декількома з таких факторів:

- отруєння чадними парами природного газу (табл. 6.1);
- ризик вибуху і пожежі у випадку несправності і форс-мажорних ситуаціях, в результаті змішування газу з атмосферним повітрям. При цьому нижня межу вмісту повітря для отримання статусу вибуховості складає 5%, а верхня – 15% у відповідності до ПОТ Р М-026-2003 «Міжгалузеві правила охорони роботи при експлуатації інстанційного газового господарства» (табл. 6.2);
- ураження струмом менше 1 кВ напруги через дотик до струмоведучих контактів, під час монтажу, ремонту чи використання засобів автоматизації влітку;
- ризик прямих ударів блискавки, в результаті чого можлива пожежа і травмування працівників;
- ризик отримання механічних ушкоджень обслуговуючим персоналом під час проведення робіт з монтажу, наладки чи ремонту давачів;
- наявність в магістралі високого тиску (до 6,5 МПа) при некоректному управлінні або несправності може вилитись у деформацію трубопроводу;
- шум з вібрацією під час перекачування газу в ГПС, які виникають через пульсацію тиску газу впливають не тільки на персонал, а й на прилади;
- Нестача освітлення на локаціях установки приладів може викликає підвищену стомлюваність у персоналу, а також уповільнення реакції.

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

Для задання пожежобезпечного режиму експлуатації ГПУ, приміщення станції та споруди біля нього класифікуються в якості вибухо- і пожежонебезпечних НПБ 105-03 і ПУЕ. Відповідно до цих окументів на дверях споруд, приміщень і домів розвішуються знаки з написами, попереджуючі про відповідну класифікацію (табл. 6.2).

Таблиця 6.1 – Вибухо- та пожежонебезпечні і токсичні можливості природного газу у ГПС

Показник	Значення
Стан	Г
Клас небезпеки газу	4
Температура самозгоряння, °С	537
Температура початку вибуху, °С	-
Нижня межа вибухоспроможності, %	5
Верхня межа вибухоспроможності, %	15
Максимальна концентрація газу в повітрі місця роботи	300

Таблиця 6.2 – Вибухові та пожежні небезпеки, медична характеристика ввідділу нагнігача станції

Показник	Значення
Категорія вибухо- і пожежонебезпечності будівель і споруд	А
Клас вибухо- і пожежонебезпечності пожежної зони	В-1А
Категорія і група вибухо- і пожежонебезпечних газового середоища	II-A, T1

### 6.2. Заходи з техніки безпеки

До виконання робіт допускаються лише особи, навчені технологіям виконання робіт, правилам використання засобів персонального захисту, способам вчинення першої медичної допомоги, без медичних протипоказань, з атестацією і успішно пройденою перевіркою знань з промислової безпеки (згідно ПБ 08-624-03, ПБ 12-529- 03, ПУЕ). Інструктажі дозволу персоналу на самостійну роботу відповідають вимогам ДСТУ 12.0.004-99.

Роботи, що стосуються монтажу, налаштування, підтримки та ремонту технологічних засобів автоматизації, вчиняються згідно наступних нормативно-технологічних документів:

- «Правила використання технічних електроустановок постачання споживачів» (ПВТ);
- «Правила устрою електричних апаратів» (ПУЕ, видання №7);

- «Правила технічного використання газових магістралей» ВР Д 39-1.10-069-2002;
- «Правила безпеки при пожежах в Україні» ППБ 01-03.

Для налаштування безпечної роботи під час монтажу, використання, ремонту і технічної підтримки приладів вимірювання контрольованих сигналів і засобів автоматики має виконуватись наступне:

- суцільна герметизація технічного процесу у відповідності до «Правил спорудження і безпечного використання резервуарів, що працюють під високим тиском» ПБ 03-576-03;
- прилади та вузли автоматизації, змонтовані на технологічному обладнанні, вміщують маркування ступеня вибухозахисту IExdПВТ4 за ДСТУ 12.2.020-76;
- застосування слабких струмів для живлення переносних електричних знарядь праці і світильників, а також ізолювання провідників струму і пристроїв для огороження, в яких наявні засоби автоматизації.

Структура пристроїв ГПС забезпечує захист операторського складу від ураження струмом за ДСТУ 12.2.003-74, ДСТУ 12.2.007-75, а також ДСТУ 26.205-83.

Кожен засіб комплексу має місце захисного заземлення. Вимоги до якості заземлення визначається у ДСТУ 12.2.007-75. Подача струму на електричну схему ГПС відбувається від зовнішнього джерела змінного струму напругою 380 В з частотою коливання 50 Гц.

Для створення безпечних умов праці вдаються до наступних заходів:

- працювати дозволяється лише особам, які пройшли інструктаж з ТБ і пройшли іспити у відповідності з ПУЕ;
- ізоляція електричних приладів і струмоведучих кабелів проводиться відповідно до технічних умов (опір більше 0,5 МОм);
- всі частини вузів під напругою розташовуються всередині корпусу, які захищають обслуговуючий персонал від ураження струмом від деталей, під напругою;
- каркаси пристроїв проходять заземлення (4 Ом). Вимірювання опору пристрою з заземленням проводиться хоча б раз на рік.

### **6.3. Заходи з протипожежної безпеки**

Основні вимоги до системи протидії пожежі розглянуто в ППБ 01-03 «Правила протипожежної безпеки в Україні». Види вибухопожежної ризиковості будівель і споруд встановлюються згідно з ВППБ 01-04-98 «Правила протипожежної безпеки для фірм і організацій газової промисловості України».

Система протидії вибухам на установці розглянута у «ССБТ. Вибухобезпека. Основні вимоги» ДСТУ 12.1.010-76 (1999).

Для сприяння пожежній безпеці на розробленій ГПС передбачено такі заходи:

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- первинні перетворювачі мають маркування вибухозахисту «0ExiaIICT6», тож монтуються у вибухонебезпечних частинах приміщень, згідно з гравою 7.3.72 ПУЕ;
- монтаж іскрозахищених ланцюгів виконаний відповідно до розділів 7.3.72, 7.3.117 ПУЕ.

Вибухо- і пожежобезпечні споруди обладнані системами самостійного пожежогасіння та протипожежної сигналізації. Кожна з газоперекачувальних станцій є блоковою автоматичною установкою, приладдя якої розташовується в окремих відсіках. Протипожежний захист відсіков станції забезпечує система екстреного пожежогасіння (вуглецева), яка входить до складу обладнання і вміщує засоби знаходження пожежі, системи сповіщення, управління, та гасіння вогнищ. При запланованих роботах у відділах нагнітача і приводу двері відділа повинні відкриватися. Спрацювання системи пожежогасіння відбувається: миттєво самостійно, дистанційно або мануально.

При виникненні займань у відсіках приводу або нагнітача дані від пожежних датчиків в складі ГПС, ініціюють початок роботи системи пожежогасіння. Струмний імпульс надходить до піропатрону кранів необхідних розподільних пристроїв і в той же час до піропатрону клапанів балонів з протипожежною речовиною, відкриваючи їх. Вуглекислий газ від резервуарів виходить в колектор, а потім по магістраллю надходить до відділу і розподіляється форсунками, встановленими на стелі.

Автоматичний ініціювання початку роботи установки газового пожежогасіння синхронізуються дистанційним і ручним керуванням за місцем. Дистанційний запуск відбувається від електричних кнопок, розміщених в блоці автоматики станції і на головному щиті. Віддалене та місцеве включення установок протидії пожежам необхідно здійснювати, будучи впевненими у відсутності персоналу в захищуваному приміщенні. Входити в відсік після гасіння пожежі не маючи ізолюючого протигаза заборонено до ретельного провітрювання.

Будівлі та приміщення які є вибухо- і пожежонебезпечні мають бути обладнані екстреною вентиляцією, що включається миттєво у відповід на сигнал від сигналізаторів. Пускові пристрої ручного дистанційного включення систем пожежогасіння розташовуються біля парадних дверей зовні приміщення додатково до систем автоматичного включення екстреної вентиляції.

Під час активізації роботи системи пожежного інформування відбувається завершення роботи припливної та витяжної фільтрації, де спрацювала тривога. Електричні вимірювачі тиску і засоби автоматики мають вибухобезпечний рівень захисту, а також маркування захисту від займання – ІExdІІВТ4 і необхідні для убезпечення вибухонебезпечних зон. Вибухобезпечна оболонка, в яку вмонтовано всі електричні частини, здатна витримати тиск

						СУ-71 6.151.014 ПЗ	Лист 47
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			

вибуху і відмінить поширення вибуху в навколишнє небезпечне середовище. Шафа управління ГПС розташована у власному приміщенні з метою зменшення ризиків.

На майданчику іскробезпеки встановлено чотири ємності (по 700 м<sup>3</sup>) запасу води на господарські і протипожежні потреби з вогневим захистом. Передбачена система забору води від резервуарів машинами МНС. До резервуарів забезпечений вільний під'їзд таких машин.

При підтисненні системи подачі пожежної води необхідно:

- виключити втрати води в системі;
- підтримувати сталий температурний режим у відсіці насосної підсистеми;
- в пожежній ємності підтримувати рівень води і постійно його доповнювати.

Передбачений захис будівлі від блискавок за допомогою 2 блискавкоприймачами, що сягають 25 метрів росту відповідно до РД 34.21.122-87 (див. категорії І і зону Б).

#### **6.4. Заходи присвячені боротьбі з шумом**

В поточному розділі вирішуються питання щодо визначення калькуляційно розмірів санітарно-захисної ділянки (СЗД) по шуму і визначення рівня звукового тиску (РЗТ) робочої зони для робочого місця оператора. Паспортні дані ГПС можна знайти в табл. 6.3 [8].

Для зменшення шумового рівня на ДКС проектом враховано звукоізоляцію газової периферії станції наступної структури:

- ізоляційні листи зі скловолокна, МС-40, ширина 40 мм;
- полоса ПВХ-БК у декілька шарів;
- листовий матеріал товщиною у 0,1 см .

Програма передбачає знаходження СЗД по шуму з розглядом заходів захисту від гучності. Розрахунок СЗД по шуму виконується на підставі виразу:

$$L_n = (L_p + 10 \cdot L_g \Phi - 20 \cdot L_{gr} - (B_a \cdot r/1000) - 10L_g U + 10 \cdot L_{gn}) - L$$

де  $r$  – довжина до опроної точки, мм;

$B_a$  – множник затухання гучності в повітрі, Дб/км;

$\Phi$  – напрямок випромінювання від джерела, б/р;

$U$  – кут, в якому випромінюються звуки,  $U = 6,28$  радіан;

$L_p$  – допустимий рівень звуку для житлових поселень, Дб;

$L_r$  – рівень гучності звукової джерела, Дб;

$L$  – повна ефективність засобів поглинання звуку станцією, Дб;

$N$  – кількість вузлів.

										Лист
										48
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 6.3 –Технічна інформація ГПС-Ц-16

Показник	Середні частоти, Гц/10							
	6,3	12,5	2,5	50	100	200	400	800
$V_a$ , б/км	0	0,03	0,11	0,28	0,52	0,96	2,5	8,3
$\Phi$ , б/р	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1
$V_a$ , б/км	0	0,03	0,11	0,28	0,52	0,96	2,5	8,3
$L_T$ , б	12,2	12,2	11,4	11,6	11,5	11,3	11	10,4
$L$ , б	0,7	1,4	2,6	3,4	3,9	4,2	4,3	4,1

Основними винуватцями шуму на газовиробництві є ГПС.

Для знаження активних рівнів шумової потужності ГПС на них використовуються шахтні (глушители звуку для всмоктування і вихлопу). Одиниці шумоглушення створені і впроваджені Сумським виробником ім. Фрунзе.

Значення розрахунку параметрів санітарно - захисної зони наведено в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Підсумкові параметри СЗД за гучністю

Частоти	$L_n$ , б	$L$ , б	$V_r$ , б/км	$r$ , см
63	950	70	0	0,8
125	870	140	3	1,8
250	820	260	10	0,1
500	780	340	28	0,1
1000	750	390	52	0,1
2000	730	420	96	4,9
4000	710	430	250	0,1
8000	690	410	830	4,2

З таблиці можемо бачити, що мінімально допустимі значення ВЗТ для робочої точки досягаються на не ближче ніж 18 м від джерела звуку. А найближчі споруди з робочими місцями оператора знаходяться на відстані близько 60 м від джерел шуму.

Таким чином, вплив звуку станції задовольнить санітарні норми.



## ВИСНОВКИ

У даній роботі проведено опис розробленої концепції системи автоматизації газоперекачувальної станції.

Наведено технологічний опис об'єкта автоматизації, розроблено структурну схему.

Далі розроблено контури регулювання для даної системи в потрібній кількості, на підставі чого складена функціональна схема автоматизації.

Також підібране обладнання для побудови системи: контролер, елементи живлення, панель оператора, узгоджувальні пристрої, та засоби зчитування інформації.

Описано реалізації системи, наведено функціональну та структурну схему, роботи системи та керуючий код мовою ST.

Також у роботі наведено економічні розрахунки ефективності впровадження спроектованої системи автоматизації (яке в перспективі 10 років є більш економічно доцільним) та вказана орієнтована вартість закупівлі обладнання системи автоматизації.

Так як робота присвячена безпеці, особливу увагу приділено техніці безпеки роботи оператора та виїзної ремонтної бригади підстанції. Проведений аналіз робочого місця працівника підстанції. Розглянуто чинники, які впливають на діяльність працівників підстанції, запропоновані заходи щодо зниження впливу шкідливих і небезпечних факторів.

Результатом роботи є пакет документації для автоматизації обраної системи, а також детальний опис і керуючий програмний код системи.

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берман Р. Я. Сучасні цехові системи автоматизації газокompресорної станції/Р. Я. Берман, Р. Л. Вишнепольський, С. В. Кабан, В. С. Тимофеев//Світ комп'ютерної автоматизації. – 2017. – № 3. – С. 93-96.
2. Давач температури ДТ-3Д. Веб-каталог інтернет-магазину АКІП-Дон, 2018. Режим доступу – URL: <http://akip.com.ua/catalog/datchiki/datchik-dt-3d/>.
3. Єлісеєв В. В. Комплекс МСКУ М на об'єктах газової промисловості/В. В. Єлісеєв, В. А. Ларгін, Г. Ю. Пивоваров, В. І. Яценко//Промислові АСУ та контролери. – 2019. – № 9. – С. 63-65.
4. Захаров Н. А. Система управління мнemoщитом компресорної станції/Н. А. Захаров//Промислові АСУ та контролером. – 2019. – № 10. С. 23-26.
5. Івченко В. Д. Побудова відмовостійких систем автоматичного управління газотурбінними двигунами/В. Д. Івченко, А. І. Самарін//Прилади і системи управління. – 2018. – № 11. – С. 66-68.
6. Інтернет-джерело: <https://megasensor.com/products/vintovye-danchiki-rashoda>. Дата звернення: 28.04.2021
7. Інтернет-джерело: [https://electrica-shop.com.ua/p121-kontaktor\\_modulniy\\_abb\\_esb24-40\\_24\\_ampera\\_230v\\_4n-o](https://electrica-shop.com.ua/p121-kontaktor_modulniy_abb_esb24-40_24_ampera_230v_4n-o). Дата звернення: 17.05.2021
8. Інтернет-джерело: <https://am.ua/teplovaya-pushka-vitals-dh-300/>. Дата звернення: 01.05.2021
9. Інтернет-джерело: [https://electrica-shop.com.ua/p121-kontaktor\\_modulniy\\_abb\\_esb24-40\\_24\\_ampera\\_230v\\_4n-o](https://electrica-shop.com.ua/p121-kontaktor_modulniy_abb_esb24-40_24_ampera_230v_4n-o). Дата звернення: 02.05.2021
10. Інтернет-джерело: <https://www.elektro-expo.ru/ru/articles/transformatornaya-podstanciya/>. Дата звернення: 02.05.2021
11. Ніконенко, І. С. Агрегатно-цеховий комплекс управління газокompресорних цехом/І. С. Ніконенко, М.А. Балавін, В.Л. Швабський//Прилади і системи управління. – 2018. – № 10. – С. 15-19.
12. Прошовіков С. Н. Досвід автоматизації складних промислових об'єктів на прикладі газокompресорних станцій/С. М. Прошовіков, А. А. Макаров, В. А. Бунін, А. Л. Черніков//Сучасні технології автоматизації. – 2017. – № 2. – С. 66-68.
13. Ревзін Б. С. Газотурбінні установки з нагнітачами для транспорту газу / Б.С. Ревзін, І.Д. Ларіонов. – К.: Надра, 1983. – 200 с.
14. СанПіН 2.2.4.1191-19. Електромагнітні поля у виробничих умовах: Санітарно-епідеміологічні правила і нормативи. – К.: Госсанепіднагляд, 2019. – 38 с.

					<b>СУ-71 6.151.014 ПЗ</b>	Лист
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

15. СанПіН 2.2.2/2.4.1340-01. Гігієнічні вимоги до персональних електронно-розрахункових машин і організації роботи: Санітарно-епідеміологічні правила і нормативи. – К.: Госсанепіднагляд, 2001. – 53 с.

16. Сєдих З. С. Експлуатація ГПС з газотурбінними приводами/З. С. Сєдих К.: Надра 2020. – 201 с.

17. Internet-source: <http://www.autex.spb.su/sensor/niiem/dtt03t.php>. Access date: 05/12/2021.

18. Internet-source: <https://arduino.com/prod723-Driver-stepper-DRV8825>. Access date: 05/07/2021.

19. Internet-source: <http://regrap.in.ua/17HS8401>. Access date: 04/29/2021.

20. Internet-source: <http://www.prom-pump.com/catalog/ir>. Access date: 04/23/2021.

21. Інтернет-джерело: <https://prom.ua/p271072859-datchik-temperature-vlazhnosti;all.html>. Дата звернення: 01.05.2021.

					<i>СУ-71 6.151.014 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52