

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

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри КСУ  
\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ  
\_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
освітньо-професійної програми  
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»  
«Автоматизована система керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-  
Ц-16С»

Здобувача групи СУ-91

Чумака Артема Валерійовича

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Артем ЧУМАК

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми – 2023

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-91 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	56		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A1	СУ-91 6.151.01 А2	Автоматизована система керування утилізатором тепла Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-91 6.151.01 С2	Автоматизована система керування утилізатором тепла Схема інформаційно – матеріальних потоків	1		

					<b>СУ-91.6.151.01.ДП</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Артем ЧУМАК			<b>Автоматизована система керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С Відомість проєкту</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевір.		Олександр ЖУРАВЛЬОВ				Т		
Реценз.						<b>СумДУ, СУ-91</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Петро ЛЕОНТЬЄВ						

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ  
\_\_\_\_\_ 2023 р.

ЗАВДАННЯ  
на дипломний проєкт студенту  
Чумак Артем Валерійович

1. Тема проєкту: Автоматизована система керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С.  
Затверджено наказом ректора університету. № 0236-VI від "14" березня 2023р.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту "06" червня 2023р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз предметної області, система автоматизованого керування утилізатором тепла, вибір засобів автоматизації, розробка SCADA.
5. Перелік графічних матеріалів: Схема інформаційно – матеріальних потоків, функціональна схема
6. Календарний план проєктування

№ етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Розробка ТЗ. Робота з літературою та першоджерелами	15.03.2023 – 18.03.2023
2	Утилізатор тепла як об'єкт керування	18.03.2023 – 05.04.2023
3	Розробка основних схем автоматизації	06.04.2023 – 28.04.2023
4	Вибір давачів. Обґрунтування вибору ПЛК. Розробка SCADA системи	29.04.2023 – 20.05.2023
5	Технічне оформлення проєкту	21.05.2023 – 06.06.2023

7. Дата видачі завдання "15" березня 2023р.

Керівник проєкту:  
асистент, к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

Здобувач:  
студент групи СУ-91

Артем ЧУМАК

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованої системи керування утилізатором тепла  
газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С

Розробник:  
студент групи СУ-91

Артем ЧУМАК

Погоджено:  
асистент, к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

1. *Назва і галузь застосування:* утилізатор тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С використовується в газовій промисловості.
2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0236-VI від «14» березня 2023 р., інші договори або замовлення
3. *Мета і призначення проєкту:* утилізатор тепла газоперекачувального агрегату має на меті оптимізувати використання теплової енергії, що випускається, забезпечуючи більш економічну та екологічно чисту роботу газоперекачувального агрегату.
4. *Джерела розроблення:* конструкторська та технічна документація отримана під час проходження переддипломної практики.
5. *Режими роботи об'єкта:* два режими роботи, у першому режимі бере участь лише одна з теплообмінних секцій, у другому режимі роботи беруть участь дві секції одночасно.
6. *Умови експлуатації утилізатор тепла та прикладного обладнання:* Живлення блоку живлення для шафи управління – 220В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 24В; живлення 380 В, живлення промислового комп'ютера – 220В; 50Гц. Промислове середовище. Розрахований на роботу в різних кліматичних умовах, включаючи поміркований, холодний або спекотний клімат
7. *Стадії та етапи проектування:*

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Розробка ТЗ. Робота з літературою та першоджерелами	15.03.2023 – 18.03.2023
2	Утилізатор тепла як об'єкт керування	18.03.2023 – 05.04.2023
3	Розробка основних схем автоматизації	06.04.2023 – 28.04.2023
4	Вибір датчиків. Обґрунтування вибору ПЛК. Розробка SCADA системи	29.04.2023 – 20.05.2023
5	Технічне оформлення проєкту	21.05.2023 – 06.06.2023

## АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Автоматизована система керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С.

Автор: Чумак Артем Валерійович; Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

Керівник: Журавльов Олександр Юрійович; асистент; кандидат технічних наук; доцент.

Робота містить вступ, три розділи та висновки в основному тексті, загальним обсягом 56 сторінок, 30 рисунків, 3 таблиці, 18 джерел інформації.

У сучасному світі постійний розвиток технологій та підвищення енергоефективності стали надзвичайно актуальними завданнями. Одним із шляхів досягнення цих цілей є використання утилізаторів тепла, особливо у контексті газоперекачувальних агрегатів. Газоперекачувальні агрегати використовуються для транспортування газу на значні відстані та підвищення тиску. Проте, цей процес супроводжується великими енергетичними втратами у вигляді тепла, яке зазвичай втрачається в атмосферу. Тому застосування утилізаторів тепла у газоперекачувальних агрегатах може забезпечити значні економії енергоресурсів та зниження негативного впливу на довкілля.

Даний дипломний проект спрямований на створення і опис автоматизованого керування утилізатора тепла. Розроблене технічне завдання. В ході проекту була розроблена система автоматизованого керування утилізатором тепла, яка призначена для ефективного контролю і управління роботою утилізатора тепла.

Були розроблені функціональна схема та схема інформаційно матеріальних потоків, описаний контур контролю, описано алгоритм роботи системи.

Ключові слова: система керування, температура, утилізатор тепла, газоперекачувальний агрегат.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту

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

на тему:

«Автоматизована система керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С»

Керівник проекту:

асистент, к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

Здобувач:

Студент групи СУ-91

Артем ЧУМАК

Суми – 2023

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ .....	6
1.1 Загальний опис газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С .....	6
1.2 Пристрій агрегату.....	7
1.3 Робота агрегату.....	8
1.4 Вихлопний тракт .....	8
1.5 Призначення утилізатора тепла.....	12
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ .....	16
2.1 Схема інформаційно-матеріальних потоків.....	16
2.2 Завдання керування.....	17
2.3 Контур керування температурою .....	17
2.4 Алгоритм керування.....	18
РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ І ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	25
3.1 Підбір ПЛК та модулів.....	25
3.2 Підбір давачів .....	39
3.3 Підбір вторинних приладів та додаткового обладнання.....	41
РОЗДІЛ 4 SCADA СИСТЕМА .....	50
4.1 Програмне забезпечення .....	50
4.2 Розробка інтерфейсу .....	51
ВИСНОВКИ .....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	55

					<b>СУ-91.6.151.01.ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Артем ЧУМАК			Автоматизована система керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Олександр ЖУРАВЛЬОВ					2	56
Реценз.						<b>СумДУ, СУ-91</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Петро ЛЕОНТЬЄВ						



## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СУ – система управління;

САУ – система автоматичного управління;

МК – мікроконтролер;

Д – давач;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЛК – програмований логічний контролер;

СА – схема автоматизації;

КК – контур керування;

ТО – теплообмінник

ГТД - газотурбінний двигун

ВО - вентилятор охолодження

ЖТ - жалюзі теплообмінника утилізатора

ЖБТ - жалюзі байпаса утилізатора

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

## ВСТУП

У сучасному світі проблема забезпечення енергоефективності та сталого розвитку стає все більш актуальною. Зменшення використання традиційних джерел енергії, ростуть вимоги до збереження та ефективного використання ресурсів, а також до зниження викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. Промислові підприємства та енергетичні комплекси стикаються з потребою в пошуку нових технологій та рішень, що сприятимуть оптимізації використання енергії та зниженню негативного впливу на довкілля.

Одним із ключових аспектів енергоефективності є використання відхідного тепла, яке випускається газоперекачувальними агрегатами. Це тепло може бути цінним ресурсом, який може бути перетворений на корисну енергію для різних потреб підприємств. Утилізатори тепла є технологічними рішеннями, які дозволяють використовувати відхідне тепло та перетворювати його в електричну енергію, теплову енергію або інші корисні види енергії.

Однак, ефективне управління утилізатором тепла газоперекачувального агрегату вимагає наявності автоматизованої системи керування, яка забезпечуватиме точність, надійність та оптимальну ефективність процесу використання відхідного тепла. У контексті газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С, автоматизована система керування утилізатором тепла виявляється особливо важливою, оскільки саме вона відповідає за оптимальне функціонування та контроль параметрів утилізації тепла.

Метою даної дипломної роботи є розробка та дослідження автоматизованої системи керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С. Основним завданням дослідження є розробка ефективної системи керування, яка забезпечуватиме точність, надійність та оптимальну ефективність використання відхідного тепла.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

У ході дослідження будуть вивчені функціональні вимоги до системи керування та розроблені алгоритми управління.

Результати даного дослідження відіграватимуть велику роль у розвитку енергетичної ефективності та сталого розвитку промисловості. Впровадження автоматизованої системи керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С сприятиме зниженню енергетичних втрат, оптимізації використання ресурсів та зниженню негативного впливу на довкілля, сприяючи сталому розвитку та забезпеченню енергетичної ефективності промислових підприємств.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>5</b>

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 1.1 Загальний опис газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С

В основному виготовляють газоперекачувальне обладнання середньої та великої потужності від 6,3 до 25 МВт із газотурбінним та електричним приводом. В моїй роботі я розгляну саме потужність 16 МВт

Взагалі є декілька видів ГПА з потужністю 16 МВт, наприклад ГПА-Ц-16 з авіаційним двигуном НК-16СТ, ГПУ-16 із судновим газотурбінним двигуном ДЖ59Л, ГПА-Ц-16Л з авіаційним двигуном АЛ-31СТ, ГПА-Ц-16П з авіаційним двигуном ПС-90ГП-2 та агрегат, який я розглядаю - ГПА-Ц-16С із судновим газотурбінним двигуном ДГ90.

Приклад запису скороченого позначення агрегату:

ГПА-Ц-16С/57-1,7М1,

де: ГПА – газоперекачувальний агрегат;

Ц – відцентровий газовий компресор;

16 – потужність газотурбінного двигуна, МВт;

С – двигун газотурбінний, судновий;

57 – тиск кінцевий, абсолютний, кгс/см<sup>2</sup>;

1,7 – відношення тисків;

М1 – модифікація компресора з торцевими газодинамічними ущільненнями (ТГДУ).

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## 1.2 Пристрій агрегату

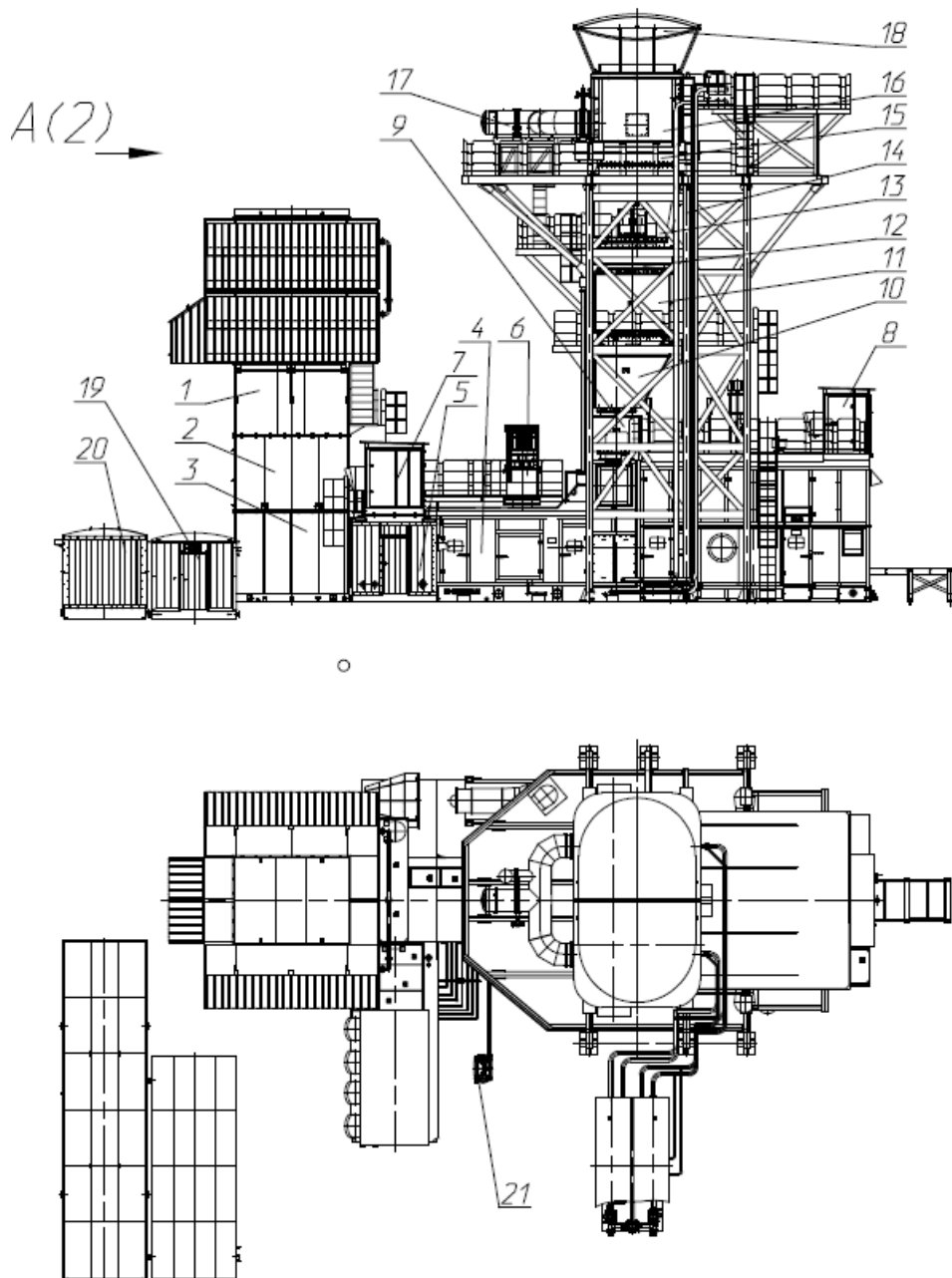


Рисунок 1.1 – Агрегат газоперекачувальний ГПА-Ц-16С/57-1,7М1

- 1 – повітроочисний пристрій (ПОП); 2 – глушник шуму вхідного тракту;  
 3 – камера всмоктування; 4 – турбоблок; 5 – блок систем забезпечення (БСЗ);  
 6 – блок системи вентиляції для охолодження ГТД; 7 – блок оливоохолоджувачів  
 ГТД; 8 – блок оливоохолоджувачів компресора; 9 – компенсатор 1 ступеня;  
 10 – дифузор 1 ступеня, 11 – глушник шуму вихлопного тракту;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-91 6.151.00.ПЗ

Лист

7

12 – компенсатор 2 ступеня; 13 – дифузор 2 ступеня; 14 – опора вихлопного тракту; 15 – секція заслінок гарячого повітря; 16 – утилізатор тепла; 17 – система охолодження секцій теплообмінних; 18 – зонт; 19 – блок пожежогасіння; 20 – блок електроживлення та САК, 21 – блок фільтрів паливного газу.

### 1.3 Робота агрегату

Газ, що перекачується по газопроводу, проходить через вхідний патрубок і потрапляє в компресор. Там він стискає і передається в напірний колектор КС через вихідний патрубок і далі в магістральний газопровід.

В ГПА-Ц-16С використовується газотурбінний двигун потужністю 16 МВт - ДГ90Л2.1, який працює на газі.

Атмосферне повітря, очищене в повітроочисному пристрої, надходить до компресора двигуна, де воно стискається і надходить в камеру згоряння. На той самий час паливний газ подається в камеру згоряння через робочі форсунки. Відпрацьовані гази потрапляють на лопатки двигуна, що призводить до обертання вільної турбіни. Вільна турбіна з'єднана з відцентровим компресором, основним робочим органом агрегату, механічним зв'язком через муфту.

Газ, що перекачується, компримується за допомогою вільної турбіни приводу, яка передається на відцентровий компресор. Завивка повертає вихлопні гази на 90° і викидаються в атмосферу через вихлопний тракт.

### 1.4 Вихлопний тракт

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

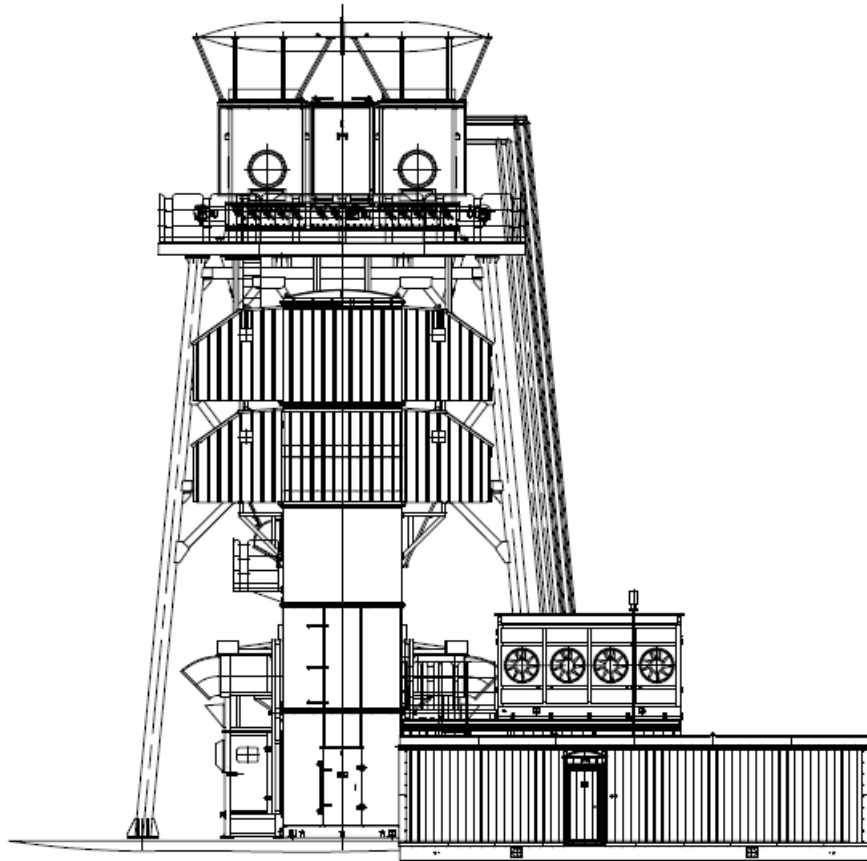


Рисунок 1.2 – Агрегат газоперекачувальний ГПА-Ц-16С/57-1,7М1 (вихлопний тракт)

Маса і габаритні розміри блоків вихлопного наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Найменування блоку		Довжина мм	Ширина, мм	Висота, мм	Маса, кг
1	Компенсатор 1 ступеня	3310	1950	1470	1920
2	Опора вихлопного тракту	13000	10800	15210	33000
3	Установка утилізатора тепла, у складі:				31850
	Утилізатор тепла	6340	4933	2631	14150
	Секція заслінок	6284	3172	645	4700

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-91 6.151.00.ПЗ

Лист

9

	Блок арматури	4960	2350	2930	4653
4	Дифузор 1 ступеня	5220	2970	2690	4360
5	Глушник шуму вихлопного тракту	5198	2948	2350	6800
6	Компенсатор 2 ступеня	5184	2922	1000	2200
7	Дифузор 2 ступеня	6462	3750	2690	6627
8	Зонт	7640	4500	2140	3050

Вихлопна труба використовується для відведення вихлопних газів від двигуна в атмосферу на висоту, достатню для розсіювання шкідливих викидів до гранично допустимих концентрацій як у робочій зоні, так і в навколишньому середовищі, одночасно знижуючи рівень шуму, створеного вихлопом двигуна.

Вихлопний тракт, встановлений на опорі, складається з компенсатора 1 ступеня, дифузора 1 ступеня, глушника шуму вихлопного тракту, компенсатора 2 ступеня, дифузора 2 ступеня, секції заслінок гарячого повітря, утилізатора тепла та зонта.

Вихлопний тракт обладнаний площадками обслуговування та драбинами для доступу обслуговуючого персоналу.

#### *Опора вихлопного тракту*

Опора вихлопного тракту призначена для встановлення на ній дифузорів, та одночасно рамна конструкція на верхній частині опори є площадкою обслуговування установки утилізатора тепла.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10



Опора вихлопного тракту складається з колон, елементів опори, розпірок, балок, розкосів, елементів рами, з'єднаних між собою за допомогою болтових з'єднань та зварювання.

Опора кріпиться до фундаменту за допомогою анкерних болтів.

Всі позиції виготовлені з прокатних профілів з вуглецевої сталі. В елементах рами закріплені решітки зварні оцинковані.

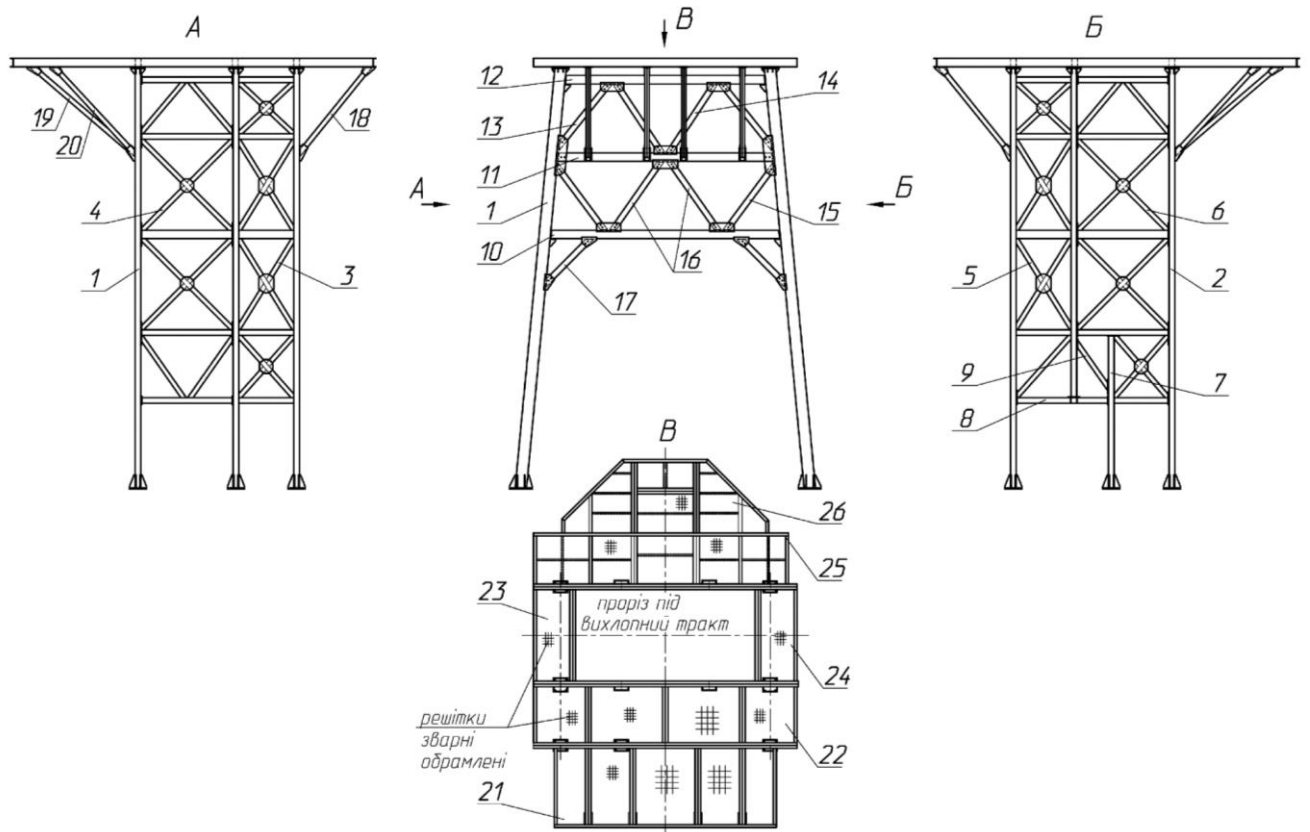


Рисунок 1.3 – Опора вихлопного тракту

1, 2 – колони; 3–7 – елементи опори; 8–12 – розпірки;  
13–17 – балки; 18–20 – розкоси; 21–26 – елементи рами.

## Зонт

Для захисту внутрішньої частини вихлопного тракту від потрапляння атмосферних опадів використовують зонт.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Зонт виготовляється з нержавіючої сталі, та являє собою зварену конструкцію зі сферичного відбивача та стійок.

Стійки нижньою частиною спираються на два фланці, котрі призначені для встановлення на бічні камери утилізатора тепла.

Відбійники з листової сталі, призначені для запобігання втрат температури в верхніх рівнях труб теплообмінних секцій утилізатора тепла.

Сферичний відбивач складається з двох частин, з'єднаних між собою за допомогою телескопічної системи гнупиків. Ця конструкція забезпечує компенсацію температурних переміщень, що виникають під час різних режимів роботи утилізатора тепла.

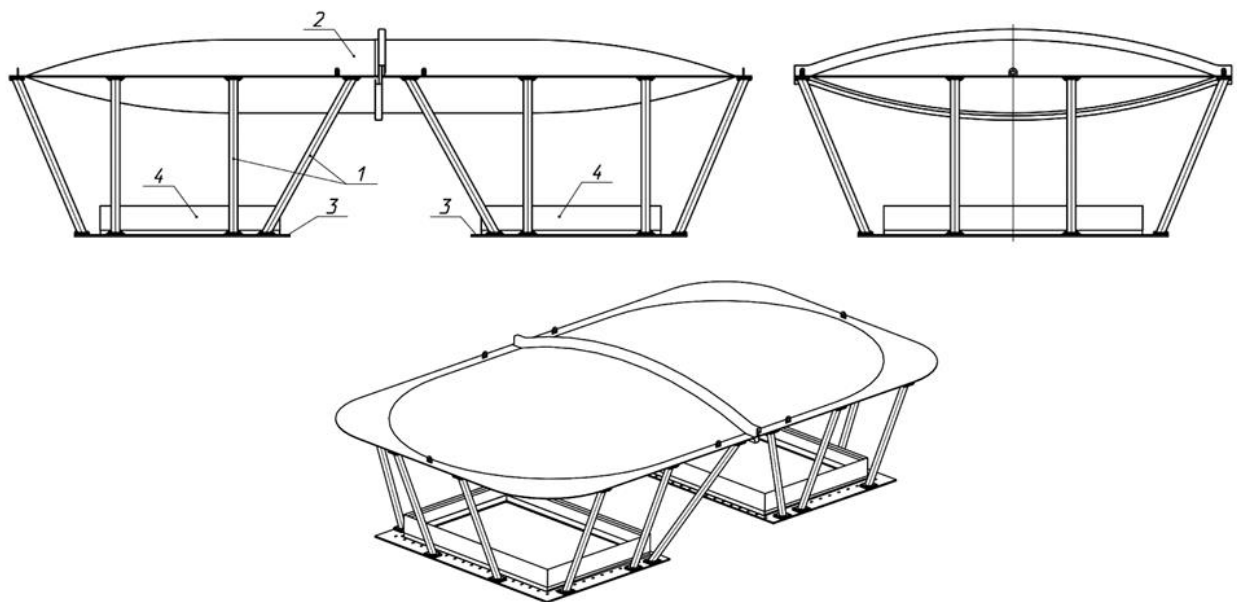


Рисунок 1.4 – Зонт

1 – стійка; 2 – відбивач; 3 – фланець; 4 – відбійник

### 1.5 Призначення утилізатора тепла

Установки комплексні утилізації тепла призначені для передавання тепла вихлопних газів газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16 в утилізаційному теплообміннику воді з метою постачання тепла до теплопостачання.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Установки застосовуються на компресорних станціях магістральних газопроводів, обладнаних газоперекачувальними агрегатами ГПА-Ц-16С потужністю 16МВт.

Установки утилізації тепла розроблено в кліматичному виконанні "ХЛ" категорії розміщення І ГОСТ 15150-69, вони забезпечують працездатність за температури навколишнього повітря від мінус -55°С до плюс +45°С.

Таблиця 1.5

Найменування показників	Величина
Розрахункові параметри гріючого середовища (температура димових газів, °С (К))	322(595)
Температура води на вході, °С (К)	70 (343)
Температура води на виході, °С (К)	115 (388)
Теплова потужність, МВт	3
Кількість теплообмінників, шт.	2
Розрахункові витрати води, м <sup>3</sup> /год	58
Маса установки утилізатора тепла, у складі, кг	31850
Утилізатор тепла, кг	14150
Секція заслінок, кг	4700
Блок арматури, кг	4653

Кожна секція утилізатора має бути оснащена запірною арматурою, що відключає і дренажною запірною арматурою, запобіжно- скидним клапаном і контрольно-вимірювальними приладами для визначення тиску й температури води на вході й виході з утилізатора згідно з умов експлуатації утилізатору.

Для забезпечення надійної роботи утилізаторів у зимовий час має бути конструктивно передбачено таке:

- мінімальна довжина трубопроводів підключення секцій до загальних колекторів;

- розташування відключає і продувної арматури секцій у безпосередній близькості до загальних колекторів;
- забезпечення повного видалення води із секцій при відключенні утилізатора;
- у північних районах - встановлення на утилізаторах сталеві запірної арматури.

*Основні переваги утилізації теплоти в ГПА-Ц-16С включають:*

- Утилізація теплоти дозволяє використовувати відходящу енергію для забезпечення додаткового опалення, виробництва електроенергії або для інших процесів, що потребують тепла. Це дозволяє підвищити загальний ККД ГПА-Ц-16 і зменшити залежність від зовнішніх джерел енергії.
- Утилізація теплоти може призвести до зниження витрат на енергію та паливо, які необхідні для додаткового опалення або виробництва електроенергії. Це може призвести до економічних вигод і підвищення прибутковості експлуатації ГПА-Ц-16.
- Утилізація теплоти може сприяти підвищенню надійності ГПА-Ц-16, оскільки дозволяє використовувати відходящу теплоту для підтримки оптимальної температури в системі. Це може зменшити ризик виникнення аварійних ситуацій.
- Утилізація теплоти може приносити економічні вигоди, такі як зменшення витрат на паливо та підвищення прибутковості системи. За рахунок використання відпрацьованої теплоти, можна знизити витрати на додаткову енергію та збільшити виробництво електроенергії або пари для внутрішніх потреб.

*Утилізатор теплоти в ГПА-Ц-16С на жаль має і деякі недоліки:*

- Утилізація теплоти вимагає додаткового обладнання та систем, що може бути складним для інтеграції в існуючу інфраструктуру ГПА-Ц-16С. Це може

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

вимагати змін та модернізації системи, що призводить до збільшення витрат і складнощів у впровадженні.

- Висока вартість. Додаткове обладнання, трубопроводи, системи керування і контролю потребують інвестиційних витрат. Крім того, потрібно враховувати витрати на обслуговування утилізаційної системи.
- Технічні складнощі. Утилізатор теплоти вимагає ретельного проектування та налагодження системи, оскільки необхідно вирішити питання, пов'язані з теплообміном, ефективністю, температурними режимами та іншими технічними аспектами. Неправильне проектування або налагодження можуть призвести до зниження продуктивності або непередбачуваних проблем у роботі системи.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>15</b>

## РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ

### 2.1 Схема інформаційно-матеріальних потоків

Схема інформаційно-матеріальних потоків (ІМП) є інструментом для візуалізації та аналізу руху інформації та матеріалів у системі або процесі. Вона дозволяє уявно зобразити інформаційні та матеріальні потоки, їх напрямок, обмін між компонентами системи, а також точки збору, обробки та використання даних і матеріалів.

Розробив схему ІМП, адже воа дозволяє графічно представити складні процеси, що відбуваються в системі. Вона допомагає відобразити послідовність кроків, залежності між компонентами та взаємодію між ними. Це сприяє кращому розумінню структури та функціонування системи.

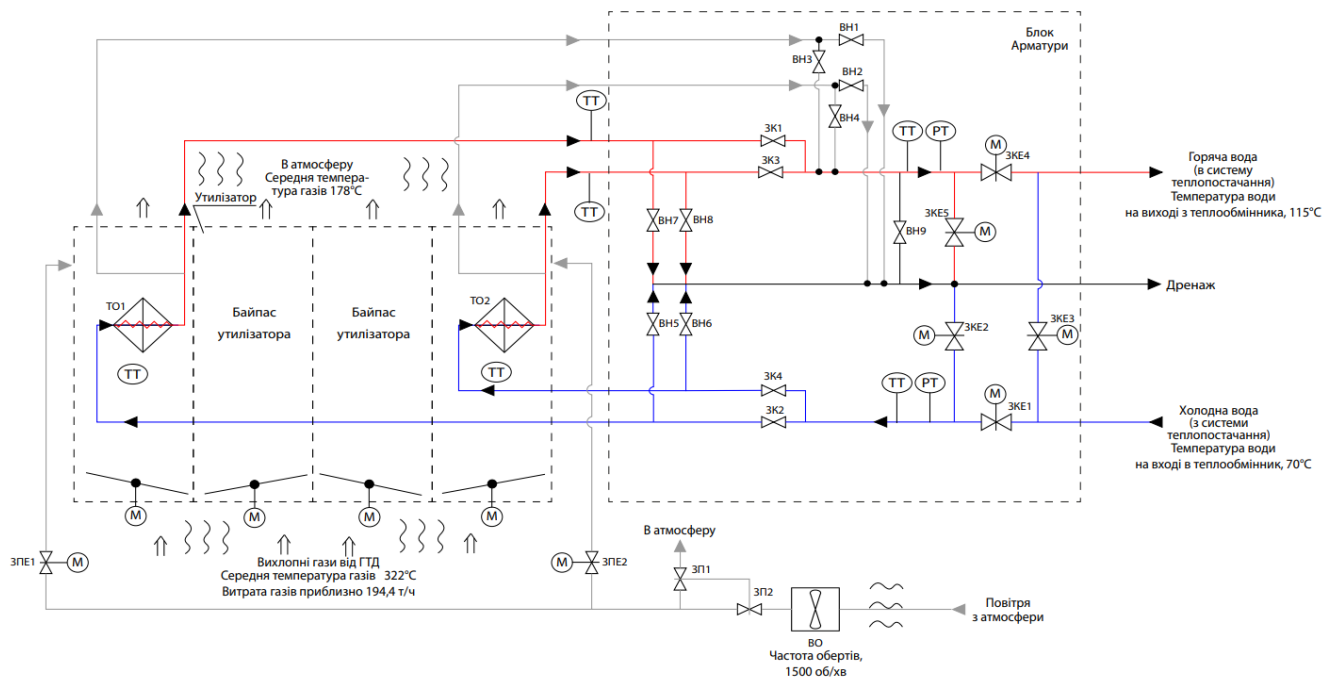


Рисунок 2.1 Схема інформаційно матеріальних потоків

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Контури утилізатора тепла можна визначити після розробки схеми інформаційно матеріальних потоків. В моїй системі наявний контур керування температурою.

## 2.2 Завдання керування

Завдання керування утилізатором тепла передбачає постійний моніторинг параметрів теплового навантаження, таких як температура, тиск. Це дозволяє визначити оптимальні режими роботи утилізатора тепла. Також система керування утилізатором тепла повинна мати моніторинг роботи всіх компонентів та датчиків, що забезпечують функціонування утилізатора тепла.

## 2.3 Контур керування температурою

Забезпечення ідеальної температури теплоносія є основною функцією контуру температури. ПЛК постійно перевіряє датчики температури та виконує обробку. Далі ПЛК надсилає сигнал виконавчим механізмам, які безпосередньо відповідають за забезпечення проходження теплової енергії по трубопроводу.

На контурі керування температурою наявні такі підключення:

1. Положення засувки поворотної .
2. Положення жалюзей ТО1.
3. Температура ТО1.
4. Положення жалюзей ТО.
5. Температура ТО2.
6. Положення засувки поворотної .
7. Температура води після ТО2.
8. Температура води після ТО1.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

9. Положення засувки поворотної .
- 10.Вентилятор охолодження.
- 11.Температура води на вході в утилізатор.
- 12.Температура води на виході з утилізатора.
- 13.Положення засувки клинової.

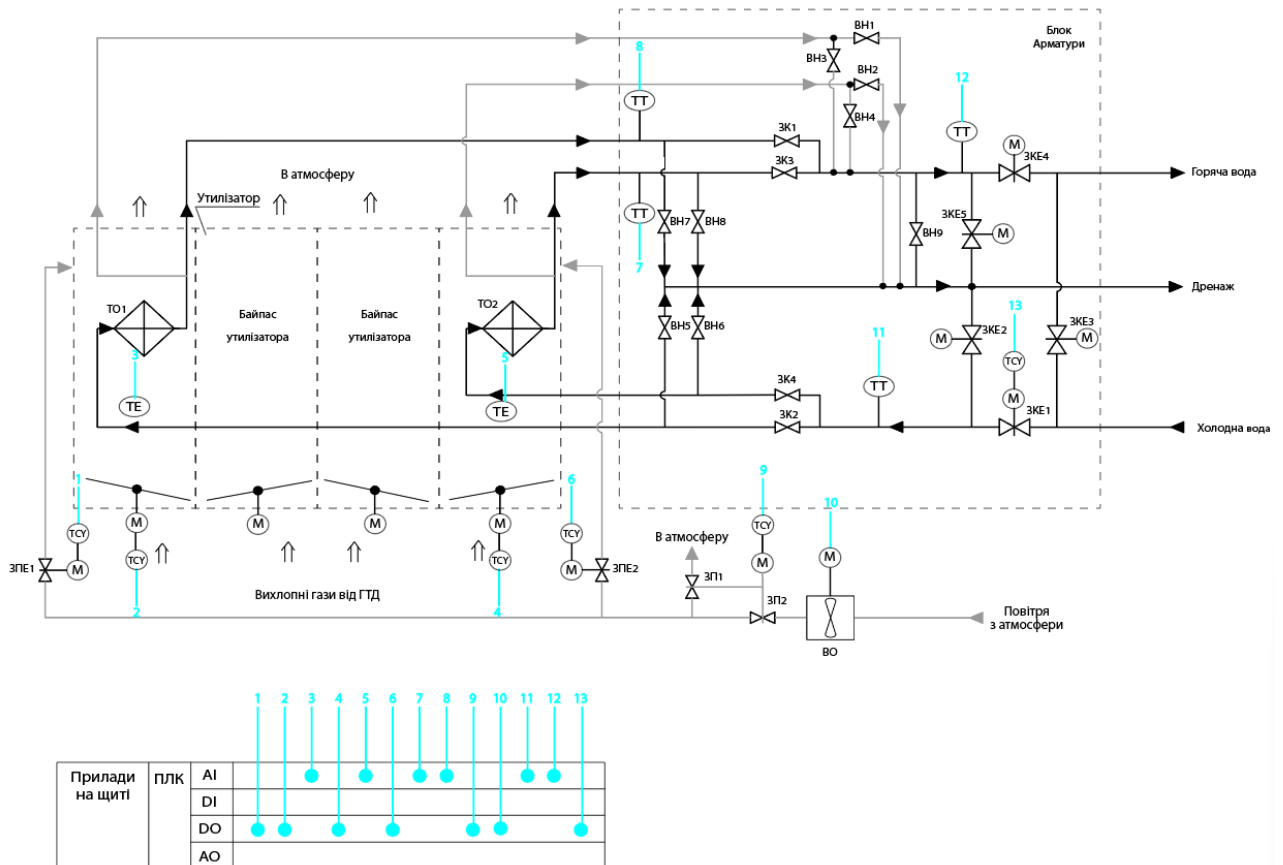


Рисунок 2.2 – Контур керування температурою

#### 2.4 Алгоритм керування

Система автоматичного керування утилізатором тепла (УТ) інтегрована в САК і Р ГПА і забезпечує всі функції контролю, сигналізації, а також ручного і дистанційного керування УТ. TO1 і TO2 секції теплообмінні УТ.

САК УТ передбачає:

- автоматичне регулювання температури води на виході з УТ за завданням оператора;



- автоматичне керування поворотними заслінками, для підтримки заданої оператором температури;
- вимірювання і передавання на монітор САК поточних значень основних технологічних параметрів (температура і тиск теплоносія на вході і виході установки УТ, температура теплоносія на виході з кожної секції УТ, температура поверхні секцій теплообмінних ТО1 і ТО2);
- сигналізацію відхилень значень технологічних параметрів від установлених меж.

Залежно від необхідної кількості споживаного тепла, робота утилізатора може здійснюватися в 2-х режимах:

I- у роботі бере участь одна з теплообмінних секцій ТО1 або ТО2;

II - у роботі беруть участь дві секції ТО1 і ТО2.

Заповнення УТ теплоносієм може здійснюватися під час роботи агрегату, що працює або перебуває в резерві.

*Пуск УТ на агрегаті, що перебуває в резерві:*

*На I режимі, в роботі секція ТО1.*

- Початкове положення заслінки секцій ТО1 і ТО2 в положенні "закрито", заслінки секції байпасної в положенні "відкрито", уся запірна арматура в положенні "закрито", окрім клапанів запірних ВН1, ВН2, ВН5, ВН6, ВН7, ВН8, ВН9, що здійснюють зливання води в дренаж.
- провести заповнення секції ТО1 водою. Для чого відкрити дистанційно, з пульта ЗКЕ1, закрити вручну ВН5, ВН7, ВН9, відкрити вручну ЗК1, ЗК2. Після видалення повітря із секції теплообмінної ТО1, закрити вручну ВН1, провести контроль тиску і температури води. Відкрити дистанційно з пульта засувку ЗКЕ4. Закрити ЗКЕ3 дистанційно з пульта оператора.
- здійснити пуск агрегату, відкрити заслінки під секцією ТО1, водночас під секцією байпасною заслінки закриваються, під секцією ТО2 заслінки

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

залишаються закритими. Переводимо роботу секцій заслінок в автоматичний режим. Оператор задає температуру води на виході з УТ.

*На I режимі, в роботі секція TO2.*

- провести заповнення секції TO2 водою. Для чого відкрити дистанційно, з пульта ЗКЕ1, закрити вручну ВН6, ВН8, ВН9, відкрити вручну ЗК3, ЗК4. Після видалення повітря із секції теплообмінної TO2, закрити вручну ВН2, провести контроль тиску і температури води. Відкрити дистанційно з пульта засувку ЗКЕ4. Закрити ЗКЕ3 дистанційно з пульта оператора.
- здійснити пуск агрегату, відкрити заслінки під секцією TO2, водночас під секцією байпасною заслінки закриваються, під секцією TO1 заслінки залишаються закритими. Переводимо роботу жалюзі в автоматичний режим. Оператор задає температуру води на виході з УТ.

*На II режимі, в роботі секції TO1 і TO2.*

- провести заповнення секцій TO1 і TO2 водою. Для чого відкрити дистанційно, з пульта ЗКЕ1, закрити вручну ВН5, ВН6, ВН7, ВН8, ВН9, відкрити вручну ЗК4, ЗК2, ЗК3, ЗК1. Після видалення повітря із секцій теплообмінних TO1 і TO2, закрити вручну ВН1 і ВН2, провести контроль тиску і температури води. Відкрити дистанційно з пульта засувку ЗКЕ4. Закрити ЗКЕ3 дистанційно з пульта оператора.
- здійснити пуск агрегату, відкрити заслінки під секціями TO1 і TO2, при цьому під секцією байпасної заслінки закрити. Переводимо роботу жалюзі в автоматичний режим. Оператор задає температуру води на виході з УТ.

*Пуск УТ при працюючому агрегаті*

*На I режимі, в роботі секція TO1.*

- перевести двигун у режим холостого ходу;
- охолодити секцію теплообмінну TO1, для цього відкрити дистанційно, з пульта ЗП2 (Ду800), водночас ЗП1 (Ду400)-вихлоп в атмосферу закривається, увімкнути вентилятор ВО, відкрити дистанційно з пульта ЗПЕ1 (ЗПЕ2-

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

закрито) і нагнітати холодне повітря впродовж 20 хвилин в камеру теплообмінну, контролюючи водночас температуру в секції теплообмінної термопарою; у разі температури  $\leq 100^{\circ}\text{C}$ ;

- провести заповнення секції ТО1 водою. Для чого відкрити дистанційно, з пульта ЗКЕ1 і ЗКЕ5, закрити вручну ВН5, відкрити вручну ЗК1, ЗК2. Після видалення повітря із секції теплообмінної ТО1, закрити вручну ВН1, ВН7 і ВН9. Закрити дистанційно ЗКЕ5 і відкрити ЗКЕ4. Провести контроль тиску і температури води. Закрити дистанційно ЗКЕ3.
- закрити дистанційно, з пульта ЗПЕ1, ЗП2 при цьому ЗП1 відкриється, відключити вентилятор ВО;
- відкрити заслінки під секцією ТО1, при цьому під секцією байпасною заслінки закрити, під секцією ТО2 заслінки залишаються закритими. Переводимо роботу жалюзі в автоматичний режим. Оператор задає температуру води на виході з УТ.

*На I режимі, в роботі секція ТО2.*

- перевести двигун у режим холостого ходу;
- охолодити секцію теплообмінну ТО2, для цього відкрити дистанційно, з пульта ЗП2 (Ду800), при цьому ЗП1 (Ду400)-вихлоп в атмосферу закриється, увімкнути вентилятор ВО, відкрити дистанційно з пульта ЗПЕ2 (ЗПЕ1-закрито) і нагнітати холодне повітря впродовж 20 хвилин у камеру теплообмінну, контролюючи водночас температуру в секції теплообмінної термопарою; за температури  $\leq 100^{\circ}\text{C}$  провести заповнення секції теплообмінної;
- провести заповнення секції ТО2 водою. Для чого відкрити дистанційно, з пульта ЗКЕ1 і ЗКЕ5, закрити вручну ВН6, відкрити вручну ЗК4, ЗК3. Після видалення повітря із секції теплообмінної ТО2, закрити вручну ВН2, ВН8 і ВН9. Закрити дистанційно ЗКЕ5 і відкрити ЗКЕ4. Провести контроль тиску і температури води. Закрити дистанційно ЗКЕ3.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

- закрити дистанційно, з пульта ЗПЕ2, ЗП2 при цьому ЗП1 відкриється, відключити вентилятор ВО;
- відкрити заслінки під секцією ТО2, при цьому під секцією байпасною заслінки закриваються, під секцією ТО1 заслінки залишаються закритими. Переводимо роботу жалюзі в автоматичний режим. Оператор задає температуру води на виході з УТ.

*На II режимі, в роботі секції ТО1 і ТО2.*

- перевести двигун у режим холостого ходу;
- провести заповнення секції ТО1;
- охолодити секцію теплообмінну ТО2, для цього відкрити дистанційно, з пульта ЗП2 (Ду800), при цьому ЗП1 (Ду400)-вихлоп в атмосферу закриється, увімкнути вентилятор ВО, відкрити дистанційно з пульта ЗПЕ2 (ЗПЕ1-закрито) і нагнітати холодне повітря впродовж 20 хвилин в камеру теплообмінну, контролюючи при цьому температуру в секції теплообмінної термопарою; за температури  $\leq 100^{\circ}\text{C}$  провести заповнення секції теплообмінної;
- провести заповнення секції ТО2 водою. Для чого закрити вручну ВН6, відкрити вручну ЗК4, ЗК3. Після видалення повітря із секції теплообмінної ТО2, закрити вручну ВН2, ВН8 і ВН9. Провести контроль тиску і температури води;
- закрити дистанційно, з пульта ЗПЕ2, ЗП2 при цьому ЗП1 відкриється, відключити вентилятор ВО;
- відкрити заслінки під секцією ТО2, при цьому під секцією байпасної заслінки закриваються, Переводимо роботу жалюзі в автоматичний режим. Оператор задає температуру води на виході з УТ.

*Контрольовані параметри роботи УТ*

Таблиця 2.4

Найменування параметра	Сигналізація
------------------------	--------------

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

	Межі вимірювання параметра за технологією	Попереджувальна (ПС)	Аварійна (АС)
<b>1 Температура води, °С</b>			
1.1 перед ЗК2, ЗК4	+ 60°...+ 70°	<+ 60°	
1.2 після ТО1	+95°...+ 115°	> + 115°	
1.3 після ТО2	+ 95°..+ 115°	> + 115°	
<b>2 Тиск води, МПа</b>			
2.1 на вході в УТ	0,6...0,8	< 0,6 > 0,8	
2.2 на виході з УТ	0,6...0,92	< 0,4 > 0,8	

#### Зупинка УТ:

Зупинка УТ з I режиму роботи (у роботі задіяна секція ТО1) необхідно виконувати в такій послідовності:-

- відкрити дистанційно, з пульта ЗКЕ3 (для циркуляції теплоносія системою тепlopостачання);
- закрити дистанційно, з пульта ЗКЕ1 і ЗКЕ4;
- відкрити дистанційно ЗКЕ2 і ЗКЕ5.
- відкрити вручну ВН5, ВН7, ВН1; ВН9 і злити теплоносій з УТ;

Зупинку УТ з I режиму роботи (у роботі задіяна секція ТО2) необхідно виконувати в такій послідовності:-

- відкрити дистанційно, з пульта ЗКЕ3 (для циркуляції теплоносія по системі тепlopостачання);
- закрити дистанційно, з пульта ЗКЕ1 і ЗКЕ4;

- відкрити вручну ВН6, ВН8, ВН1; ВН9, і злити теплоносій з УТ;
- відкриття ЗКЕ5 за рішенням оператора.
- Зупинка УТ з II режиму роботи (у роботі задіяні секції ТО1 і ТО2) необхідно виконувати в такій послідовності:-
- закрити дистанційно, з пульта ЗКЕ1 і ЗКЕ4;
- відкрити дистанційно, з пульта ЗКЕ3 (для циркуляції теплоносія системою тепlopостачання);
- відкрити дистанційно ЗКЕ2 і ЗКЕ5;
- відкрити вручну ВН5, ВН6, ВН7, ВН8, ВН1; ВН9 і злити теплоносій з УТ.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>24</b>

## РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ І ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для правильного вибору засобів автоматизації потрібно слідкувати виданому технічному завданні, особливу увагу треба звернути на вимоги до давачів, та умови експлуатації. За допомогою переліку давачів та ВМ (Додаток Б) обираємо їх.

### 3.1 Підбір ПЛК та модулів

ПЛК (програмований логічний контролер) - це комп'ютерний пристрій, що використовується для автоматизації технологічних процесів у промисловості.

ПЛК складається з апаратної частини (електронних модулів, включаючи процесор, пам'ять, вхідні та вихідні модулі) і програмного забезпечення. Він призначений для зчитування вхідних сигналів від датчиків або інших джерел, обробки цих сигналів, виконання заданих логічних операцій, і видачі вихідних сигналів на керуючі пристрої (наприклад, мотори, клапани, насоси), щоб керувати різними процесами.

Однією з основних переваг ПЛК є його програмованість. За допомогою спеціальних програмних інструментів, інженери можуть створювати логічні схеми або програми, що описують поведінку пристрою. Це дозволяє змінювати функціональність ПЛК шляхом зміни програмного коду, що робить його гнучким і адаптивним до різних завдань та потреб.

#### Особливості ПЛК

- Простота взаємодії з користувачем
- Висока надійність
- Модульність (ПЛК може бути розширений за допомогою різних модулів введення-виведення )
- Висока швидкодія
- Простота використання.
- Можливості діагностики та моніторингу.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

У ПЛК до модулів вводу/виводу за допомогою електричних кабелів підключаються датчики і виконавчі механізми.

Модулі вводу/виводу бувають 4 типів: модулі аналогового і дискретного введення / виводу.

**Модулі аналогового вводу (AI).** Приймають електричні сигнали уніфікованого діапазону від датчиків.

**Модулі дискретного вводу (DI).** Для зчитування дискретних вхідних сигналів. Дискретні вхідні сигнали можуть бути у двох станах: "увімкнено" (1) або "вимкнено" (0)

**Модулі дискретного виводу (DO).** Сигнали можуть бути у двох станах - "увімкнено" (1) або "вимкнено" (0), та залежно отримують з них напругу 24 В.

**Модулі аналогового виводу (AO).** Дозволяють ПЛК керувати пристроями, які працюють з аналоговими значеннями.

Для утилізатора тепла потрібно ПЛК, провівши аналіз параметрів декількох ПЛК, а саме SIMATIC S7-1200, SIMATIC S7-1500 та Emerson Rx3i було обрано саме ПЛК Emerson Rx3i. Цей програмований логічний контролер є надійним, має високу швидкодію та має гарну ціну.

### 1. Контролер RX3i (Центральний процесор IC695CPK330)



Рисунок 3.1 - Emerson RX3i PLC. Контролер CPE330 RX3i

Технічні характеристики:

- Пам'ять користувача: 64 МБ

									Лист
									26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУ-91 6.151.00.ПЗ				



- ВВЕДЕННЯ/ВИВЕДЕННЯ: 32000 біт дискретного вводу/виводу та 32000 слів аналогового вводу/виводу
- Порт Ethernet: 3x 10/100/1000 (2 комутованих порти)
- Протоколи Ethernet: SRTP клієнт/сервер, Modbus TCP/IP, OPC UA (непрозорий сервер резервування), EGD, PROFINET, DNP3 Outstation, IEC-61850 клієнт, IEC-104 сервер, наскрізний HART
- Послідовні протоколи: ASCII Serial, Modbus/RTU
- Пристрої віддаленого вводу/виводу: 64 симплексних, 64 резервних
- Інтерфейс USB: 1x USB-A 2.0
- Карта пам'яті: 1x CFast
- Навколишнє середовище: від 0 до 60C
- Схвалення агентств: UL, cUL, RoHS, FCC, Reach, UL HazLoc C1D2, ATEX Zone 2
- Швидкодія процесора: 1,6 ГГц;

Можливості, які надає процесор IC695CPK330:

- Зручне для користувача середовище, яке може підвищити гнучкість проектування і підвищити ефективність і продуктивність інженерії
- Підключення пристроїв з підтримкою PROFINET за принципом Plug-and-play полегшує безпечне з'єднання машин, даних і людей
- Високошвидкісний процесор і запатентована технологія для більшої пропускної здатності без інформаційних вузьких місць
- Підтримка дискретного вводу/виводу високої щільності, універсального аналогового (ТС, RTD, тензорезистор, напруга і струм, що налаштовуються для кожного каналу), ізолюваного аналогового, аналогового вводу/виводу високої щільності, високошвидкісного лічильника і модулів руху
- Підтримує непрозоре резервування сервера OPC UA

2. Аналоговий вхідний модуль IC695ALG616

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27



Рисунок 3.2 - Аналоговий вхідний модуль IC695ALG616

Технічні характеристики:

- Струм: від 0 до 20 мА, від 4 до 20 мА,  $\pm 20$  мА
- Напруга:  $\pm 10$  В пост. струму, від 0 до 10 В пост. струму,  $\pm 5$  В пост. струму, від 0 до 5 В пост. струму, від 1 В пост. струму до 5 В пост. струму.
- Формат вхідних даних: Може бути налаштований як плаваюча точка (32 біт) або ж як integer (16 біт)
- Параметри фільтра: 8 Гц, 12 Гц, 16 Гц, 40 Гц, 200 Гц, 500 Гц
- Вхідний опір:  $>100$  кОм на вводах за напругою
- Поточний вхідний опір: 249 Ом  $\pm 1\%$
- Час виявлення обриву ланцюга: максимум 1 секунда
- Перенапруження:  $\pm 60$  В пост. струму безперервно, макс.
- Перевантаження за струмом  $\pm 28$  мА безперервно, максимум

Особливості:

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

- Висока пропускна здатність каналів
- Цей модуль можна встановити в будь-який слот вводу-виводу в системі RX3і.
- Модуль підтримує вставлення та вилучення з універсальної об'єднувачої плати RX3і, що перебуває під напругою.
- Повністю програмно налаштовується, не потрібно встановлювати перемички модулів
- Виявлення обриву ланцюга для всіх входів за напругою або входами 4-20 мА
- Звіт про помилки модуля
- Флеш-пам'ять для майбутніх оновлень програмного забезпечення

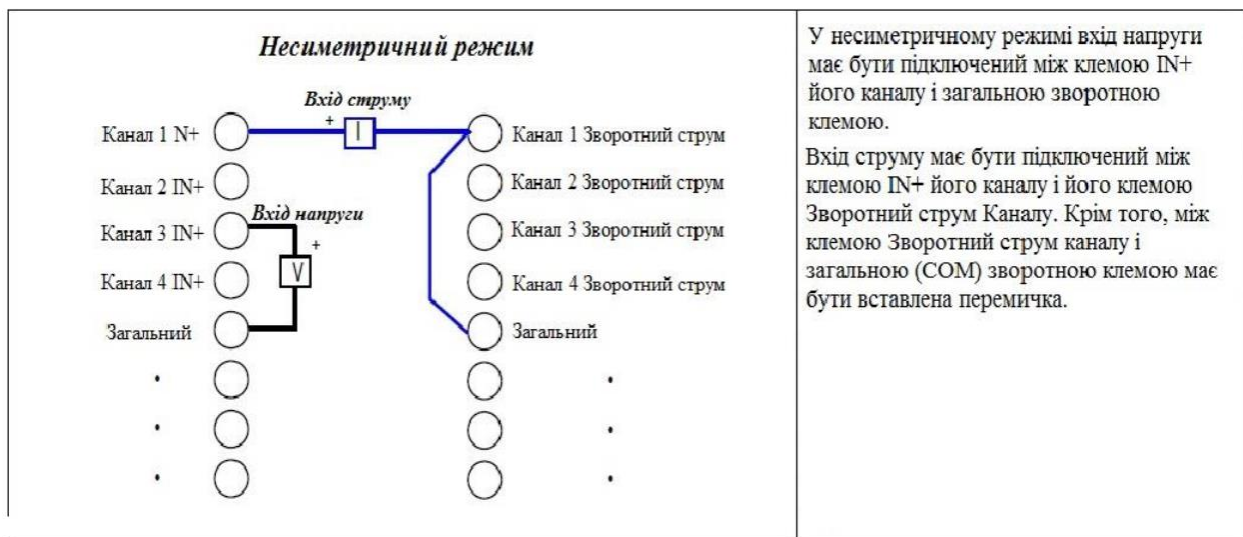


Рисунок 3.3 – Підключення модуля аналогового введення IC695ALG616 в несиметричному режимі

### 3. Аналоговий вихідний модуль IC695ALG708

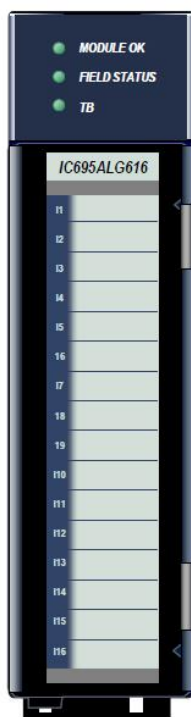


Рисунок 3.4 - Аналоговий вихідний модуль IC695ALG708

Технічні характеристики:

- Неізолюваний модуль аналогового виходу напруги/струму
- Кількість каналів: 8 аналогових вхідних каналів.
- Струм: від 0 до 20 мА, від 4 до 20 мА.
- Напруга: від 0 до 10В або від -10 до 10 В.
- Роздільна здатність: 16 біт.
- Напруга живлення: 24 В постійного струму.
- Швидкість оновлення: 8 мілісекунд.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

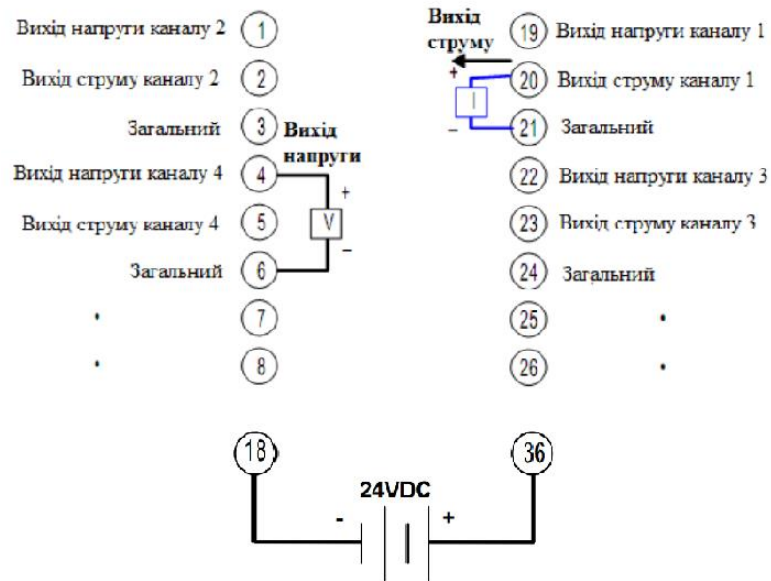


Рисунок 3.5 - Підключення модуля аналогового виходу IC695ALG708

#### 4. Модуль дискретного входу IC694MDL660



Рисунок 3.6 - Модуль дискретного входу IC694MDL660

Технічні характеристики:

- Номінальна напруга: 24 вольт постійного струму
- Діапазон вхідної напруги: від 0 до 30 вольт постійного струму
- Кількість входів на модуль: 32 (чотири ізольовані групи по 8 входів)

- Ізоляція, поле на об'єднувальну плату (оптична): 250 В змінного струму безперервно; 1500 В змінного струму протягом однієї хвилини
- Ізоляція між групами: 250 В змінного струму безперервно; 1500 В змінного струму протягом однієї хвилини
- Вхідний струм: 7,0 мА на точку (типовий) при номінальній напрузі
- Вхідні характеристики:
- Напруга при включенні: від 11,5 до 30 В постійного струму
- Напруга вимкненого стану: від 0 до 5 В постійного струму
- Струм увімкненого стану: 3.2 мА мінімум
- Струм вимкненого стану: 1.1 мА максимум
- Час спрацьовування при увімкненні: 0,5 мс, 1,0 мс, 2,0 мс, 5,0 мс, 10,0 мс, 50,0 мс і 100,0 мс (відповідно до налаштувань фільтра)
- Час спрацьовування при вимкненні: 0,5 мс, 1,0 мс, 2,0 мс, 5,0 мс, 10,0 мс, 50,0 мс і 100,0 мс (відповідно до налаштувань фільтра)
- Енергоспоживання: 300 мА (всі входи увімкнені) від 5-вольтової шини на об'єднавчій платі

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>32</b>

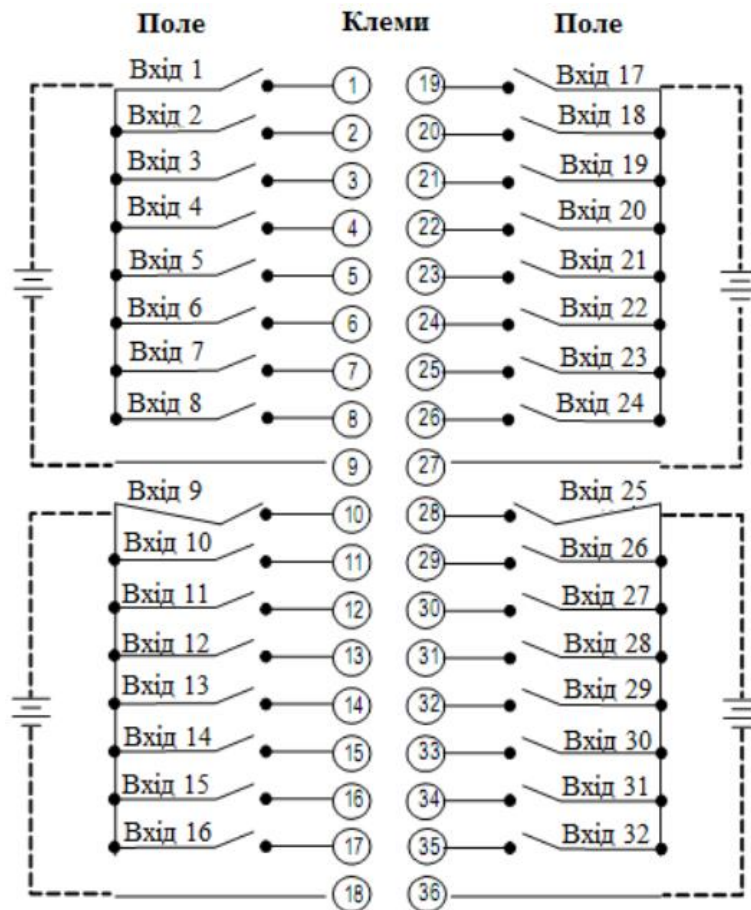


Рисунок 3.7 - Підключення модуля дискретного входу IC695MDL660

5. Модуль дискретного виходу IC694MDL754



Рисунок 3.8 - Модуль дискретного виходу IC694MDL754

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Технічні характеристики:

- Діапазон вихідної напруги: 12/24 вольт постійного струму, номінальна від 10,2 до 30 вольт постійного струму
- Вихідні характеристики
- Пусковий струм: 3 А протягом 10 мс без спрацьовування ESCP
- Падіння вихідної напруги: 0,3 вольт постійного струму максимум
- Вихідний струм витoku: 0,1 мА максимум
- Час спрацьовування: 0,5 мс максимум
- Час спрацьовування при вимкненні: 0,5 мс максимум
- напруга в ввімкненому стані: 11,5 - 30В постійного струму;
- напруга в вимкненому стані: 0 - 5В постійного струму;
- струм в ввімкненому стані: мінімум 3,2 мА;
- струм в вимкненому стані: максимум 1,1 мА;
- споживча потужність: 300 мА з шини 5В базової плати;

Модуль дискретного входу має 32 зелених/жовтих індикатори, які показують статус каналів з 1 по 32. Якщо індикатори світяться зеленим це означає, що відповідні виходи в робочому стані, якщо світяться жовтим кольором - виник збій. Якщо відповідні виходи не активні - індикатори вимкнені.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34



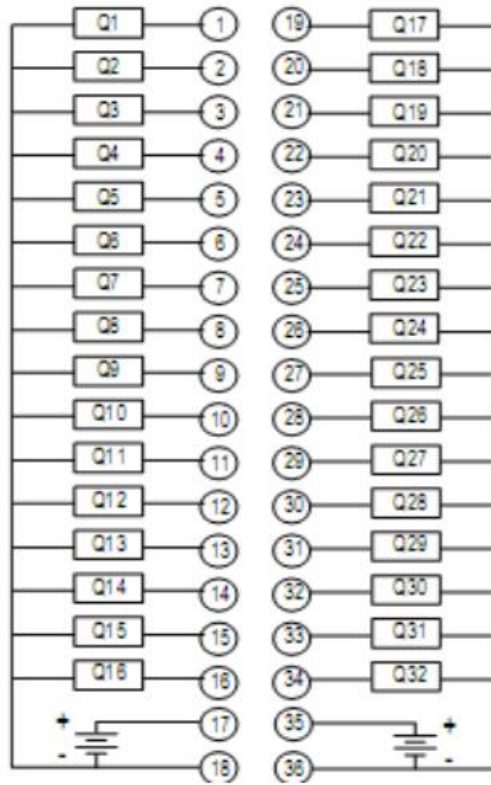


Рисунок 3.9 - Підключення модуля дискретного виходу IC695MDL660

6. Модуль живлення IC695PSD140



Рисунок 3.10 - Модуль живлення IC695PSD140

Технічні характеристики:

- Номінальна напруга: 24 В постійного струму
- Діапазон вхідної напруги: від 18 до 30 В постійного струму
- Вхідна потужність: 60 Вт максимум при повному навантаженні
- Пусковий струм: 4 А, максимум 100 мілісекунд
- Вихідна потужність: Максимальна сумарна потужність обох виходів 40 Вт.
- Вихідна напруга: 5,1 В постійного струму: від 5,0 В до 5,25 В постійного струму (номінальне значення 5,1 В постійного струму) / 3,3 В постійного струму: від 3,2 В до 3,465 В постійного струму (номінальне значення 3,3 В постійного струму)
- Вихідний струм: 5,1 В постійного струму: від 0 до 6 ампер / 3,3 В постійного струму: від 0 до 9 ампер

Модуль живлення має чотири індикаторні світлодіоди:

- «Power» (Живлення). Зелений колір - живлення подане на модуль. Жовтий колір - живлення подане на цей модуль, але він виключений.
- «P/S Fault» (Збій). Червоний колір означає, що в модулі живлення стався збій.
- «OverTemp» (Перегрів). Жовтий колір - перевищення робочої температури.
- «Overload» (Перевантаження). Жовтий колір - навантаження на модуль перевищує його максимально допустиму вихідну потужність.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

## 7. Базова плата IC694CHS392



Рисунок 3.11 - Базова плата IC694CHS392

IC694CHS392 - це стандартна плата вводу/виводу Rx3i PacSystem з послідовним розширенням виробництва GE Fanuc. Ця 10-слотова система може вмістити 10 вхідних і вихідних слотів. Слот, зайнятий в крайній лівій частині, повинен бути зайнятий блоком живлення. Перед встановленням модуля користувач повинен переконаватися, що DIP-перемикач IC694CHS392 встановлено в потрібне положення.

На правому кінці послідовної об'єднувальної плати є роз'єм шини для підключення опціональних або додаткових кабелів розширення. Довжина кабелю розширення не повинна перевищувати 15 метрів або 50 футів. Об'єднувальна плата має розміри 5,12 x 17,44 x 5,59 дюйма в довжину, ширину і висоту відповідно і працює від 5 В постійного струму при номінальному струмі 150 мА.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

## 8. Комунікаційний модуль IC695PNC001



Рисунок 3.12 - Комунікаційний модуль IC695PNC001

IC695PNC001 - це модуль контролера PROFINET PACSystems з серії GE Fanuc RX3i. Цей модуль підключає контролер PACSystem RX3i до високошвидкісної локальної мережі PROFINET.

Технічні характеристики:

- Кількість слотів: 1 (один слот)
- Підтримка об'єднувальної плати: Тільки універсальна
- Підтримка протоколів: PROFINET версії 2.2 General Class A
- Комунікаційні порти: Micro USB тільки для налаштування та діагностики системи
- Внутрішнє живлення: 0,5 А при 3,3 В постійного струму, 1,5 А при 5 В постійного струму

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

- Флеш-картка: Підтримує SD і SDHC карти.
- Частота оновлення вводу-виводу: Настроювані параметри: 1 мс, 2 мс, 4 мс, 8 мс, 16 мс, 32 мс, 64 мс, 128 мс, 256 мс або 512 мс
- Біти стану та керування: 32 вхідні біти стану та 32 вихідні біти керування.

### 3.2 Підбір давачів

В якості давача температури в даній системі використовуємо МВТ 5252.

Датчики температури типу МВТ розроблені для вимірювання температури газоподібних і рідких середовищ, а також твердих тіл.



Рисунок 3.13 – давач температури МВТ 5252

Технічні характеристики:

- Діапазон температури вимірюваного середовища: - 50...400°C.
- Вимірювальний елемент: термометр опору Pt 100 або Pt1000.
- Макс. температура навколишнього середовища:  
Без перетворювача: 90°C

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

З перетворювачем: 85°C

- Макс. тиск середовища: 50 бар
- Клас захисту корпусу: IP 65
- Напруга живлення: 8 - 35 В постійного струму
- Вихідний сигнал: 4 - 20 мА

Для реалізації контролю тиску було обрано давач HDP800

Давач тиску серії HDP800 використовує високоефективний кремнієвий п'єзорезистивний наповнювач тиску. Внутрішня ASIC перетворює мілівольтовий сигнал датчика в стандартний сигнал напруги, струму або частоти, який може бути підключений до ПЛК. Він має невеликий об'єм, малу вагу, повністю герметичну конструкцію з нержавіючої сталі, може працювати в агресивному середовищі і має високі антивібраційні та протиударні характеристики.



Рисунок 3.14 – давач тиску HDP800

Технічні характеристики:

Модель: HDP800

Джерело живлення: 24 VDC

Вихід: 4-20 мА, 1-5 В, 0-10 В

Діапазон вимірювання: -0,1...0...100 Мпа.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Температура компенсації: -10...70°C (Стандарт) -10...400 °C (тип високої температури)

Середня температура: -10...80°C

Вимірювальне середовище: газ, вода, рідина

Точність: 0,1%, 0,25%, 0,5% (стандарти)

Перевантаження:

Власна частота: 5 кГц...650 кГц

Ступінь захисту: IP65

*Перетворювачі термоелектричні для вимірювання температури*



Рисунок 3.15 - ТХА-002.10-(Ex)

Технічні характеристики:

Тип датчика температури: ТХА

Діапазон вимірюваних температур: -40...+600°C,

Тип контролюваного середовища: Агресивні рідини, пари, газ, Вода та інші рідини, неагресивні до нержавіючої сталі, Поверхні твердих тіл, Вода та інші рідини, неагресивні до нержавіючої сталі

### 3.3 Підбір вторинних приладів та додаткового обладнання

*Перетворювач АСТ20М-АІ-АО-5*

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



Рисунок 3.16 - Перетворювач АСТ20М-АІ-АО-S

АСТ20М-АІ-АО-S є модулем перетворення сигналів, виробленим компанією Weidmüller. Цей модуль призначений для інтерфейсування між аналоговими вхідними (АІ) і вихідними (АО) сигналами.

Технічні характеристики:

- Кількість входів: 1
- Температура зберігання: -40 °С...85 °С
- Робоча температура: -25 °С...70 °С
- Вологість: 40 °С / 93 % відн. вологість, відсутність конденсату
- Вхідний струм: 0...20 мА, 4...20 мА
- Вхідний опір, струм: 70 Ом
- Вхідний опір, напруга: 500 кОм
- Вхідна напруга: 0...10 В, 0...5 В
- Вихідна напруга: 0...10 В, 0...5 В;
- Вихідний струм: 0...20 мА, 4...20 мА;
- Живлення давача: > 17 В постійного струму при 20 мА

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42



- Глибина: 114,3 мм
- Висота: 112,5 мм
- Ширина: 6,1 мм
- Вага нетто: 80 г

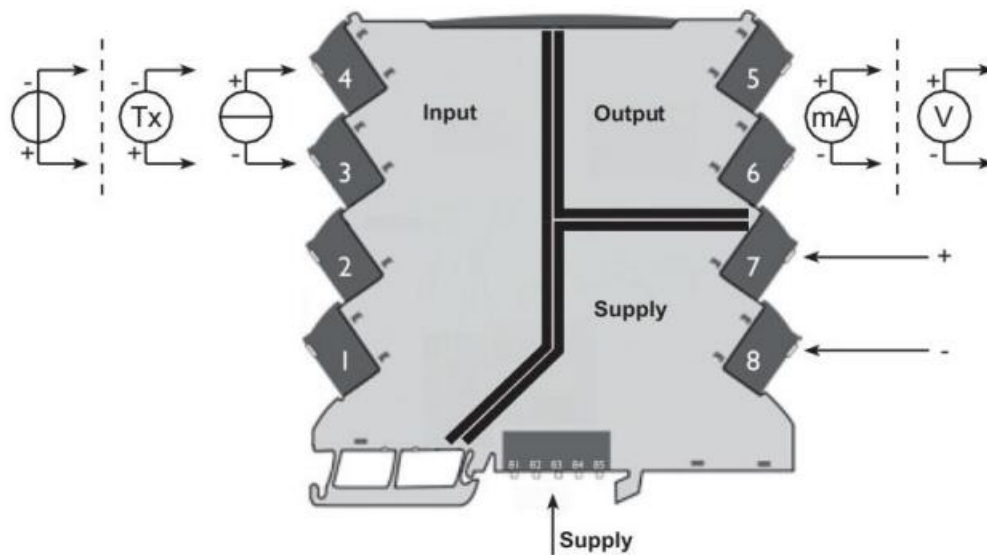


Рисунок 3.17 - Перетворювач АСТ20М-АІ-АО-S (схема підключення)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-91 6.151.00.ПЗ

Лист

43

## Модуль релейний TRS 24VDC 1CO

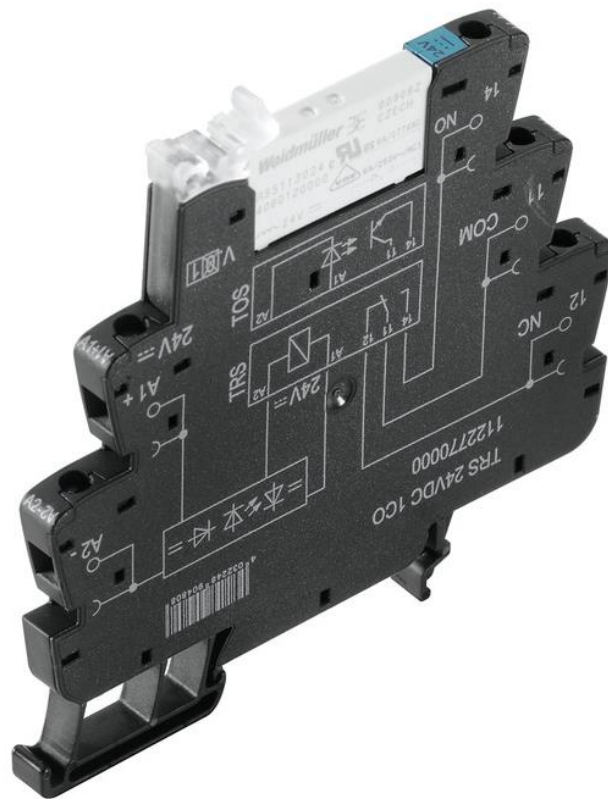


Рисунок 3.18 - Модуль релейний TRS 24VDC 1CO

TRS 24VDC 1CO є електромеханічним реле, яке працює з постійним струмом (DC) напругою 24 В.

### Технічні характеристики

#### Вхід

- Номінальна керуюча напруга:  $24\text{VDC} \pm 20\%$
- Номінальний струм, AC/DC: DC 11,5 мА
- Потужність утримання: 280 мВт
- Напруга спрацьовування / відпуску: 16V/3VDC
- Струм спрацьовування / відпуску: 7.5 mA / 1 mA DC
- Напруга котушки запасного реле: 24VDC

#### Вихід

- Тип контакту: 1 Пер. конт.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

- Номінальна напруга перемикання: 250 VAC
- Макс. комутована напруга: 250 V
- Комутаційне перенапруження пост. струму, макс.: 250 V
- Струм: 6 А
- Пусковий струм: 20А/20мс

*Модуль релейний TRS 24VDC 2CO*

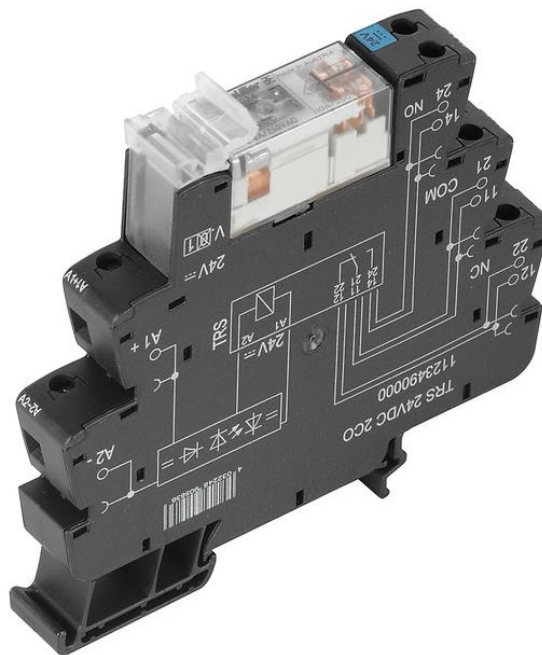


Рисунок 3.19 - Модуль релейний TRS 24VDC 2CO

**Вхід**

- Номінальна керуюча напруга: 24VDC±20%
- Номінальний струм, AC/DC: DC 20,5 мА
- Потужність утримання: 495 мВт
- Напруга спрацьовування /відпуску: 17V/3VDC
- Струм спрацьовування / відпуску: 14 mA /2 mA DC
- Напруга котушки запасного реле: 24BDC

**Вихід**

- Тип контакту: 2 Пер. конт.

- Номінальна напруга перемикання: 250 VAC
- Макс. комутувана напруга: 250 V
- Комутаційне перенапруження пост. струму, макс.: 250 V
- Струм: 8 А
- Пусковий струм: 15А/4с

#### Блок живлення 24В

Один з варіантів блоків живлення від компанії Weidmueller є PRO TOP3 960W 24V 40A



Рисунок 3.20 - Блок живлення Weidmueller є PRO TOP3 960W 24V 40A

#### Технічні характеристики

- Діапазон номінальних напруг на вході: 100 VAC ... 240 VAC
- Діапазон вхідних напруг змінного/пост. струму: 85VAC ... 277 VAC / 80 VDC ... 370 VDC
- Діапазон частот: 45 Гц ... 65 Гц
- Споживаний струм: 4,52 А (230 VAC) 2,8 А (370 VDC)
- Вхідний запобіжник: швидкодіючий, внутрішній
- Номінальна напруга на виході: 24 VDC  $\pm$ 1 %

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

—

### *Засувка поворотна з електроприводом*

Затвор дисковий Ду-800 - це тип поворотної запірно-регулювальної арматури. Дисковий запірний елемент Dn 800 мм розташований під кутом або перпендикулярно щодо потоку робочого середовища. Під час обертання штока навколо своєї осі редуктором, електроприводом або за допомогою рукояті вручну, диск обертається всередині корпусу затвора, забезпечуючи повне або часткове перекриття потоку робочої рідини.



Рисунок 3.21 - Jafar 4497

Технічні характеристики:

Тип: поворотний, дисковий.

Робочий тиск: 16/10 бар .

Температура робочого середовища: до 150°C.

Робоча середа: вода, пар, масло, нафтопродукти, зріджений газ, повітря і т.д.

### *Засувка клинова з електроприводом*

Засувка 30с915нж ДУ150 - це клинова засувка з електроприводом. Запірний пристрій під електропривод застосовується для перекриття пари, води, нафти, природного газу, олії, нафтопродуктів.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47



Рисунок 3.22 - Засувка 30с915нж ДУ150 Ру16

Технічні характеристики:

Засувка: 30с915нж ДУ150

Тиск: 4 Мпа

Робоча середа: вода, пар, масло, нафтопродукти, природний газ

Тип: клинова.

Матеріал: нержавіюча сталь.

Робоча температура: до 450°C

Керування: електропривід.

*Вентилятор охолодження*



Рисунок 3.23 - во-25-188-8г1(в1)-14а-к

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-91 6.151.00.ПЗ

Лист

48

Технічні характеристики:

Частота обертання: від 500 до 3000 об/хв.

Максимальне вхідне навантаження: однофазне 220 / трифазне 380 / 660.

Потужність: 18,5 кВт.

Температура навколишнього середовища: -60...+50

Ступінь захисту: IP54

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

## РОЗДІЛ 4 SCADA СИСТЕМА

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) система є програмно-апаратним комплексом, який використовується для збору даних, моніторингу та керування процесами у реальному часі. SCADA системи широко використовуються в промислових, енергетичних, транспортних та інших сферах для нагляду та керування розподіленими об'єктами.

SCADA система має наступні призначення:

- Моніторинг параметрів і стану різних процесів, систем та обладнання в реальному часі.
- Ефективне управління системами шляхом віддаленого керування.
- SCADA система дозволяє проводити аналізи, виявляти тренди, робити статистичні висновки та генерувати звіти для прийняття рішень.
- За допомогою тривоги та сповіщення дозволяє вчасно виявляти проблеми, помилки або аварійні ситуації.
- SCADA системи можуть бути інтегровані з іншими системами управління.

### 4.1 Програмне забезпечення

Існує багато програмного забезпечення (ПЗ) для створення SCADA систем, найпопулярніші з них:

- Simatic WinCC;
- Ignition SCADA;
- SCADA KVisionOPC;
- Wonderware System Platform;
- Promotic Scada.

Для створення SCADA системи я обрав програму Promotic Scada.

PROMOTIC - це комплекс інструментів для розроблення застосунків для моніторингу, керування та візуалізації технологічних процесів у найрізноманітніших галузях промисловості.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50



### Основні переваги SCADA системи PROMOTIC:

- В PROMOTIC можна створювати власні візуальні елементи, розширювати функціонал і інтегрувати зовнішні системи.
- Надає зручний інтерфейс розробки, що спрощує процес створення та налаштування SCADA систем.
- Може працювати з невеликими локальними системами, а також з великими розподіленими системами з багатьма вузлами і пристроями
- Підтримує велику кількість пристроїв та протоколів зв'язку, таких як Modbus, OPC, BACnet, SNMP та багато інших
- Пропонує широкий набір функцій і можливостей, таких як аналітика даних, генерація звітів, тривоги та сповіщення, сценарії автоматизації, системи безпеки та багато інших.
- Забезпечує високу надійність та захист системи від небажаних доступів та кібератак.
- Надає широкий спектр технічної підтримки, документації та навчальних матеріалів, що допомагають ефективно використовувати систему.

#### 4.2 Розробка інтерфейсу

Встановивши програмне забезпечення з офіційного сайту відкриваю менеджер проектів та створюю новий проект.

					СУ-91 6.151.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

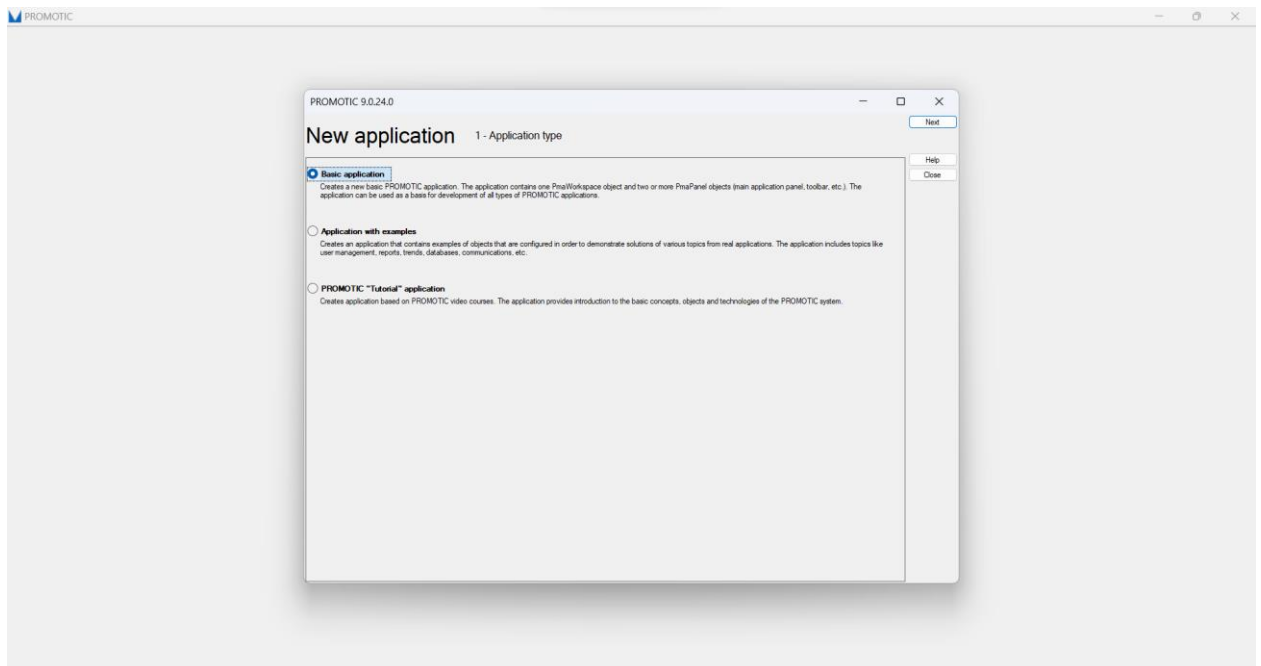


Рисунок 4.1 – Створення нового проєкту

Розробив інтерфейс системи керування утилізатором тепла.

На системі зображені кнопки, за допомогою яких оператор може дистанційно керувати утилізатором, а саме є можливість вибрати теплообмінник, який приводиться в дію ТО1, ТО2 або одночасно, є можливість зупинити та розпочати роботу кнопками «Зупинити УТ» та «Пуск УТ» відповідно. Можна обрати режими керування, а саме ручний режим та автоматичний. Також ми маємо можливість дистанційно регулювати деякі заслінки та жалюзі за допомогою кнопок розташованих біля них.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

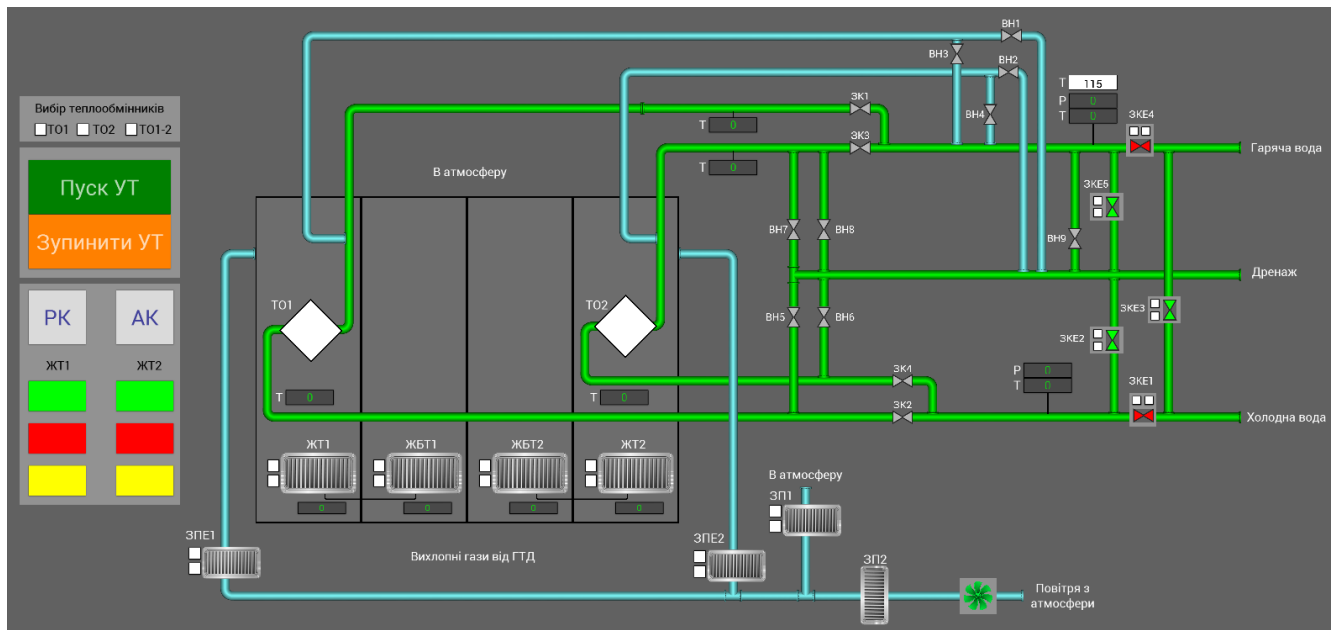


Рисунок 4.2 – Інтерфейс керування утилізатором тепла

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-91 6.151.00.ПЗ

## ВИСНОВКИ

У межах даної дипломної роботи була розроблена автоматизована система керування утилізатором тепла газоперекачувального агрегату ГПА-Ц-16С. Метою роботи було створення ефективної та енергоефективної системи, яка забезпечує оптимальне використання теплової енергії, зниження енерговитрат та покращення екологічних показників.

Розглянуто призначення утилізатора тепла та пристрій агрегату ГПА-Ц-16С, більш детально описана система вихлопу.

У процесі роботи було проведено аналіз функціональних вимог до системи, визначено основні параметри тепла, які підлягають використанню, а також встановлено зв'язок між утилізатором тепла та газоперекачувальним агрегатом. Розроблено функціональну схему та схему інформаційно матеріальних потоків

Було обрано технічні засоби автоматизації, а саме: давач тиску та температури, виконавчі механізми – засувки клапанові з електроприводом, засувки поворотні з електроприводом, вентилятор охолодження. Та було обрано ПЛК, дискретні та аналогові модулі вводу/виводу, блок живлення

Результатом дипломної роботи є розробка інтерфейсу програми за допомогою безкоштовного середовища Promotic SCADA , який дозволяє контролювати параметри роботи утилізатора тепла, здійснювати оптимальне регулювання режимів роботи та забезпечувати безпеку системи.

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрегат газоперекачувальний ГПА-Ц-16С/57-1,7М1 Настанова щодо експлуатування 227с.
2. Бенджамін Куо, Фарід Голнарагхі Automatic Control Systems. 2010. 992 с.
3. Томас Марлін Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance. 2010. 768 с.
4. Vernon L. Eriksen, J. M. Serth Heat Recovery Steam Generator Technology. 2017. 480 с.
5. <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=332385#ch115224> (дата звернення 01.06.2023)
6. Datasheet ic695cpk330 <https://www.emerson.com/en-gb/catalog/emerson-ic695cpk330-en-gb> (дата звернення 01.06.2023)
7. Datasheet ic695alg616 <https://indusoft.com.ua/product/ic695alg616-2/> (дата звернення 01.06.2023)
8. Datasheet ic695alg616 <https://www.pdfsupply.com/pdfs/ic695alg616.pdf> (дата звернення 01.06.2023)
9. Datasheet IC695ALG708 <https://www.pdfsupply.com/automation/ge-fanuc/rx3i-racsystem/IC695ALG708> (дата звернення 01.06.2023)
10. Datasheet IC694MDL660 <https://www.pdfsupply.com/automation/ge-fanuc/rx3i-racsystem/IC694MDL660> (дата звернення 01.06.2023)
11. Datasheet IC694MDL754 <https://www.pdfsupply.com/automation/ge-fanuc/rx3i-racsystem/IC694MDL754> (дата звернення 01.06.2023)
12. Datasheet IC695PSD140 <https://www.pdfsupply.com/automation/ge-fanuc/rx3i-racsystem/IC695PSD140> (дата звернення 01.06.2023)
13. Datasheet IC694CHS392 <https://www.pdfsupply.com/automation/ge-fanuc/rx3i-racsystem/IC694CHS392> (дата звернення 01.06.2023)

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

14. Datasheet IC695PNC001 <https://www.pdfsupply.com/automation/ge-fanuc/rx3i-racsystem/IC695PNC001/IC695PNC001-Datasheet> (дата звернення 01.06.2023)
15. Datasheet Перетворювач АСТ20М-AI-AO-S  
<https://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=en&ObjectID=117600000> (дата звернення 01.06.2023)
16. Datasheet Модуль релейний TRS 24VDC 1CO  
[https://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=en\\_DE&ObjectID=1122770000](https://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=en_DE&ObjectID=1122770000) (дата звернення 01.06.2023)
17. Модуль релейний TRS 24VDC 2CO  
<https://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=ru&ObjectID=1123490000> (дата звернення 01.06.2023)
18. SCADA <https://www.promotic.eu/> (дата звернення 01.06.2023)

					<b>СУ-91 6.151.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



