

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

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

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

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75»

Здобувача групи СУз-91с

Гладченка Євгенія Ігоровича

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

\_\_\_\_\_ Євгеній Гладченко

Керівник: асистент, к.т.н., доцент Журавльов О. Ю.

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. листів	№ екз.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2						
3	A4		Завдання кафедри	2		
4						
5	A4		Анотація	1		
6	A4		Технічне завдання	2		
7	A4	СУз-91с.151.02 ПЗ	Пояснювальна записка	42		
8						
9						
10						
11			<u>Документація конструкторська</u>			
12						
13	A4	СУз-91с.151.02 С1	АПО газу. Схема структурна автоматизації	1		
14	A4	СУз-91с.151.02 С2	АПО газу. Схема функціональна автоматизації	1		
15	A4	СУз-91с.151.02 СБ	АПО газу. Схема електрична принципова	1		
16	A4	СУз-91с.151.02 С4	АПО газу. Схема з'єднань зовнішніх проводок	4		
17						
18						
19						
20						
21						
22						

					СУз-91с. 151. 02 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гладченко Є.			<i>Автоматизація апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75. Відомість проекту</i>	Літ.	Лист	Листів
Перевір.		Журавльов О.					1	1
Реценз.						<i>СумДУ, СУз-91с</i>		
Н. Контр.		Журавльов О						
Затверд.		Леонтьєв П.В.						

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри КСУ  
П.В. Леонтєв  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти

Гладченкові Євгенію Ігоровичу

1 Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація апарату повітряного охолодження типу 2АВГ-75

затверджено наказом ректора СумДУ № 0314-VI від «31»03. 2023 р.

2 Термін здачі студентом закінченого проекту «12» 06. 2023 р.

3 Вихідні дані до кваліфікаційної роботи : Завдання кафедри, технічний опис АПО газу, вимоги до системи автоматизації АПО

4 Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):

1 ОПИС АПО

2 ОПИС ТА РОБОТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3 ОПИС ТА РОБОТА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4 ВИБІР ТА ОПИС ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

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

1. АПО газу. Схема структурна автоматизації.
2. АПО газу. Схема функціональна автоматизації
3. АПО газу. Схема електрична принципова
4. АПО газу. Схема з'єднань зовнішніх проводок

## 6 Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу проектування (виконання роботи)	Строк виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипів.	27.04-02.05.23
2	Опис АПО газу як об'єкта автоматизації, вивчення конструкції та принципу роботи	03.05-10.05.23
3	Опис та робота системи автоматизації	11.05-15.05.23
4	Опис та робота складових частин системи автоматизації: шафи автоматики та пристрою контролю та управління	16.05-20.05.23
5	Вибір та опис засобів автоматизації	21.05-28.05.23
6	Технічне оформлення проектної документації. Здача проекту керівнику	29.05-12.06.23

7 Дата видачі завдання „26” 04. 2023 р.

Керівник проекту:  
К.т.н., доцент, асистент

Журавльов О.Ю.

Здобувач:  
студент групи СУз-91С

Гладченко Є.І.

## АНОТАЦІЯ

Гладченко Євгеній Ігорович.. Автоматизація апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75.

Кваліфікаційна робота бакалавра. Сумський державний університет, Суми, 2023.

Кваліфікаційна робота містить 42 аркуші пояснювальної записки, включаючи 37 рисунків, 4 таблиці. Конструкторську документацію, що складається з 4 креслень.

Робота присвячена вивченню апарату повітряного охолодження газу 2АВГ-75, вимог і будови устаткування, режимів роботи.

В якості контролера системи був обраний контролер NI cRIO-90 73, який призначений для перетворення аналогових сигналів первинних перетворювачів вібрації та температури в цифрові сигнали, їх програмної обробки, формування сигналів управління включенням вентиляторів, сигналів попереджувальної та аварійної сигналізації, аварійного виключення вентиляторів при перевищенні вібрацією аварійної уставки.

Обрані засоби для побудови системи автоматизації.

Розроблена структурна та функціональна схеми системи автоматизації.; схема електрична принципова та схема з'єднань зовнішніх проводок

Ключові слова: апарат повітряного охолодження, автоматизація, перетворювач, контролер, пристрій.

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

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизації апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75

Розробник:  
студент групи СУз-91с

Гладченко Є.І.

Погоджено  
керівник проекту

Журавльов О. Ю.

## 1. Назва та галузь застосування.

Автоматизація апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75

Призначено для подальшого створення системи автоматичного управління і регулювання технологічних параметрів.

## 2 Підстава для розробки

Наказ ректора Сумського державного університету. № 0314-VI від « 31» березня 2023 р

## 3 Мета і призначення розробки

Необхідно вибрати і провести аналіз сучасних апаратних засобів автоматизації, на підставі яких в подальшому стане можливим створення нової системи управління апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75, що забезпечує виконання всіх технологічних вимог.

## 4 Джерела розробки

Проектна документація, нормативні документи.

## 5 Режими роботи об'єкта

Система управління передбачає роботу обладнання в автоматичному, дистанційному і ручному режимах.

## 6 Умови експлуатації агрегату

Системи опалення та вентиляції укриття повинні забезпечувати температуру повітря в робочому приміщенні від 286 К до 323 К (від 13 ° С до 50 ° С) при працюючому агрегаті, при розрахункових температурах зовнішнього повітря - 227 К (мінус 46 ° С) і 328 К ( 45 ° С) відповідно. Має забезпечуватися підтримання температури в блоці автоматики не нижче 288 К (15°С), при розрахунковій температурі зовнішнього повітря 227 (мінус 46°С).

## 7 Технічні вимоги

Засоби апаратного забезпечення апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75 повинні бути надійними, зручними і безпечними при експлуатації і монтажі.

## 8 Економічні показники

Економічна ефективність повинна забезпечуватися за рахунок застосування сучасної техніки, що має підвищити якість роботи.

## 9 Стадії та етапи розробки

Вивчення будови і роботи апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75, його електрообладнання, допоміжних систем. Вибір керуючих засобів. Розробка структурної схеми розміщення складових частин і приєднання зовнішніх проводів; схеми функціональної автоматизації,

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
на тему: «Автоматизація апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75»

Здобувач групи СУз-91с

Гладченко Євгеній Ігорович

Керівник: асистент, к.т.н., доцент Журавльов Олександр Юрійович

Суми – 2023



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	3
ВСТУП .....	4
1 ОПИС АПО.....	5
1.1 Загальні відомості про АПО газу .....	5
1.2 Опис конструкції АПО газу типу 2АВГ-75.....	7
2 ОПИС ТА РОБОТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	10
2.1 Призначення, загальні характеристики та умови експлуатації системи автоматизації... 10	
2.2 Вхідні/вихідні характеристики. ....	11
2.3 Опис системи автоматизації .....	12
2.4 Будова та робота системи автоматизації.....	14
2.5 Режими роботи контролера.....	17
3 ОПИС ТА РОБОТА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	20
3.1 Шафа автоматики ША.....	20
3.2 Пристрій контролю та управління на базі шасі з інтегрованим контролером реального часу «NI cRIO-9073» .....	20
4 ВИБІР ТА ОПИС ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	29
4.1 Перетворювач інтерфейсів «TRS232-485 GSA V6».....	30
4.2 Перетворювач напруги «DR-120-24».....	31
4.3 Перетворювач температури з формувачем сигналу 4...20 мА ТСПУ-1088.....	32
4.4 Перетворювачі вібрації «METRIX ST6917».....	33
4.5 Перетворювачі тиску «DMP-333».....	34
4.6 Релейні модулі WAGO «RMS.230.22C».....	35
4.7 Релейні модулі «RMC.024.11C».....	35
4.8 Релейні модулі «RMC. 230.21 C».....	36
4.9 Іскрозахисні бар'єри «ІБК-01».....	37
4.10 Пристрій грозозахисту «TWIST-LG-RS485».....	38
ВИСНОВКИ .....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41
ДОДАТКИ	

					СУз-91С.151.02 ПЗ			
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гладченко Є.І.			Автоматизація апарату повітряного охолодження газу типу 2АВГ-75. Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Журавльов О.Ю					2	42
Реценз.						СумДУ СУз-91С		
Н. Контр.		Журавльов О.Ю						
Затверд.		Леонтьєв П.В.						

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- КЦ - Компресорний цех  
АПО - Апарат повітряного охолодження  
ЕМПРЧ - Електромагнітне поле радіочастотного діапазону  
МПП - Модуль первинних перетворювачів  
ША - Шафа автоматики  
МЗОА - Модуль збору, обробки, архівування інформації  
КТП - Комплексна трансформаторна підстанція  
ІБ - Іскрозахосний бар'єр  
АРМ - Автоматизоване робоче місце

					<i>СУз-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

Газотранспортна система складається з лінійної частини (магістральні газопроводи, перекирвна арматура), компресорних станцій, сховищ газу. До її складу також входять газорозподільчі станції та пункти, що розподіляють газ кінцевому споживачу.

Компресорні станції є однією з найважливіших складових газотранспортної системи. Технологічно компресорна станція складається з наступних функціональних вузлів:

- вузол підключення;
- вузол очищення технологічного газу;
- вузол підготовки газу на власні потреби;
- вузол компримування технологічного газу;
- вузол охолодження технологічного газу.

Вузол охолодження газу представлений апаратом повітряного охолодження (АПО), де температура компримованого газу на виході компресора газоперекачувального агрегата знижується до технологічно необхідної температури.

АПО газу представляє собою велику за габаритами зварну металеву конструкцію, що складається з 14 секцій. Кожна з секцій обладнана двома потужними вентиляторами, що нагнітають повітря до радіаторів АПО. Тут компримований газ з вихідного колектора КС, що має температуру порядку 50 °С, охолоджується до температури, необхідної для подальшого транспортування магістральним газопроводом.

Вентилятори АПО вмикаються обслуговуючим персоналом за місцем розташування, кількість вентиляторів для охолодження обирається, виходячи зі значення температури на виході АПО. Тому з коливаннями температури зовнішнього середовища, а також погодних умов ця кількість може бути різною. В ручному режимі керування вентиляторами не завжди є змога відслідкувати термін напрацювання вентиляторів до поточного технологічного обслуговування, що робить останнє недостатньо ефективним.

Крім того, стан вентиляторів визначався обслуговуючим персоналом органолептичним методом, що нерідко призводило до виходу з ладу вентилятора, оскільки не давало якісної картини стану останнього.

Виходячи з вищенаведеного, є потреба в створенні системи автоматизації АПО газу, яка б усувала вказані вище недоліки керування процесом охолодження газу та дала змогу більш точно керувати параметрами АПО.

					<i>СЧЗ-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

# 1 ОПИС АПО

## 1.1 Загальні відомості про АПО газу

Компресорний цех є невід'ємною частиною газотранспортної системи. Тут відбувається компримування природного газу, що дозволяє транспортувати газ магістральним газопроводом.

Конструктивно компресорний цех складається з наступних функціональних блоків (рисунок 1.1):

- вузол підключення;
- вузол очищення технологічного газу (пиловловлювачі відцентрового типу);
- вузол підготовки газу на власні потреби компресорного цеху (фільтри тонкого очищення, адсорбери, підігрівачі, ємності для зберігання газу, блок редукування);
- вузол компримування газу (газоперекачувальні агрегати);
- вузол охолодження газу (АПО).

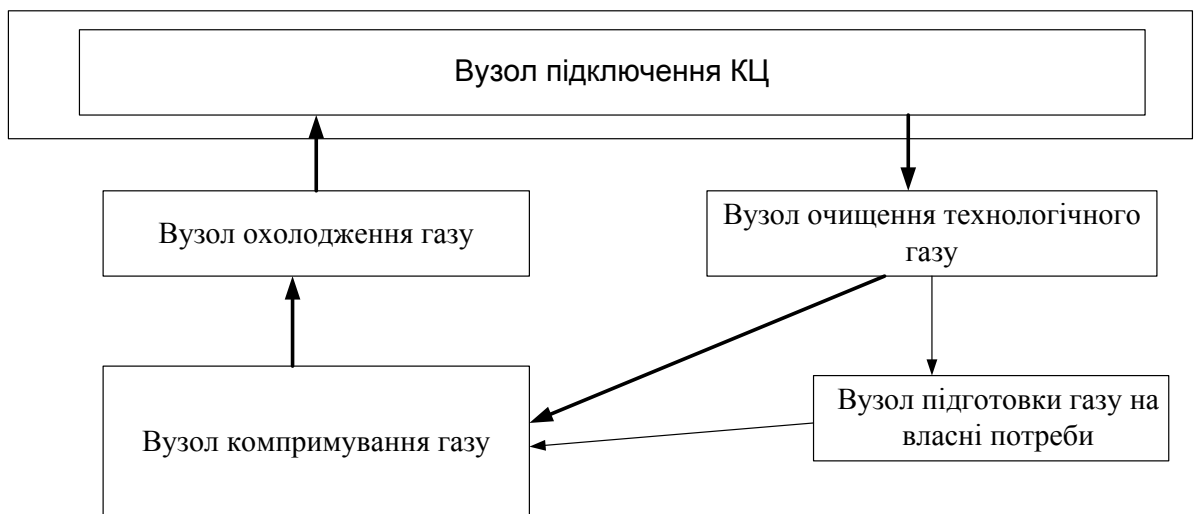


Рисунок 1.1

Зовнішній вигляд АПО типу 2АВГ-75 представлено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Горизонтальний АПО газу типу 2ABГ-75

«В залежності від розташування поверхні теплообміну апарати повітряного охолодження поділяються на: горизонтальні АПГ (рисунок 1.2); вертикальні АПВ (рисунок 1.3); малопотокові АПМ (рисунок 1.4), зигзагоподібні АПЗ (рисунок 1.5).



Рисунок 1.3 – Вертикальний АПО газу

					<i>СУЗ-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

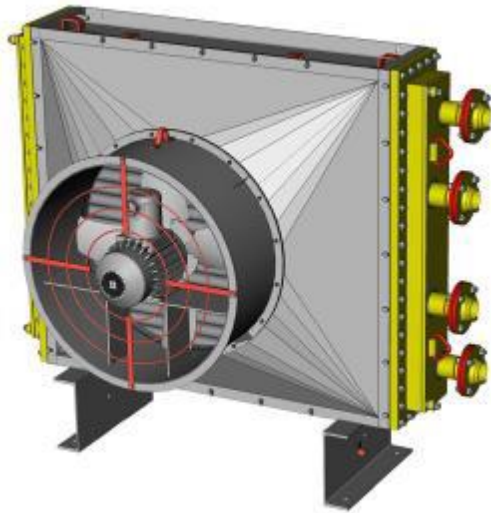


Рисунок 1.4 – Малопотужний АПО газу



Рисунок 1.5 – Зигзагоподібний АПО газу

У нашому випадку холодним теплоносієм є повітря, а гарячим – компримований газ.» [3]

### 1.2 Опис конструкції АПО газу типу 2АВГ-75

«В апаратах повітряного охолодження (рисунок 1.6) охолоджуючим агентом є потік атмосферного повітря, яке подається вентилятором .

					<i>СУЗ-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

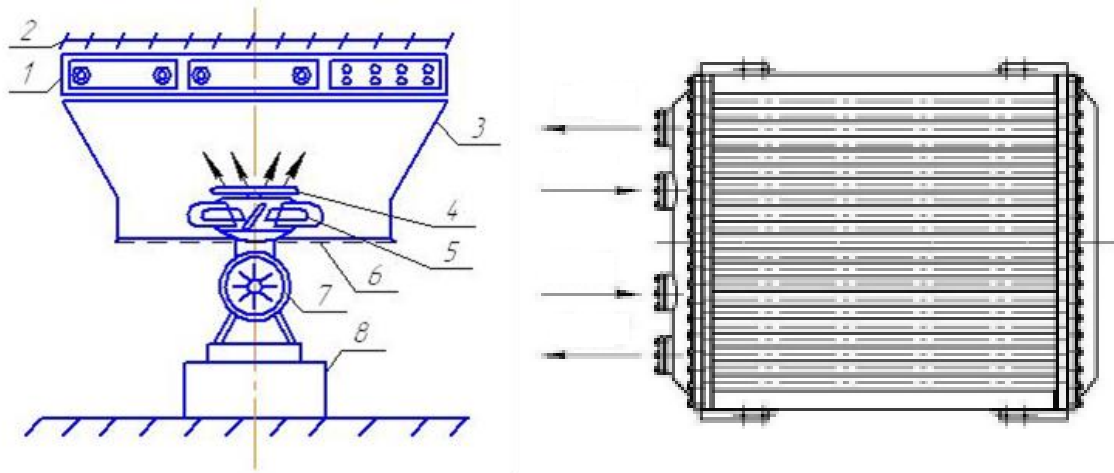


Рисунок 1.6 – Схема апарата повітряного охолодження з горизонтальним розміщенням теплообмінних труб: 1 – трубна секція, 2 – жалюзі, 3 – дифузор, 4 – колектор для подачі води, 5 – вентилятор, 6 – захисна решітка, 7 – електродвигун, 8 – фундамент

Принцип дії апаратів типу АВГ полягає в охолодженні робочого середовища, що циркулює по трубним секціям, за рахунок повітря, яке нагнітається одним або двома вентиляторам.

В апаратах АВГ застосовуються біметалеві труби із зовнішнім оребрінням (рисунок 1.7). Довжина таких труб може складати 4, 8 або 12 м. За необхідності, для запобігання переохолодження продукту, апарати можуть бути забезпечені блоком рециркуляції нагрітого повітря.

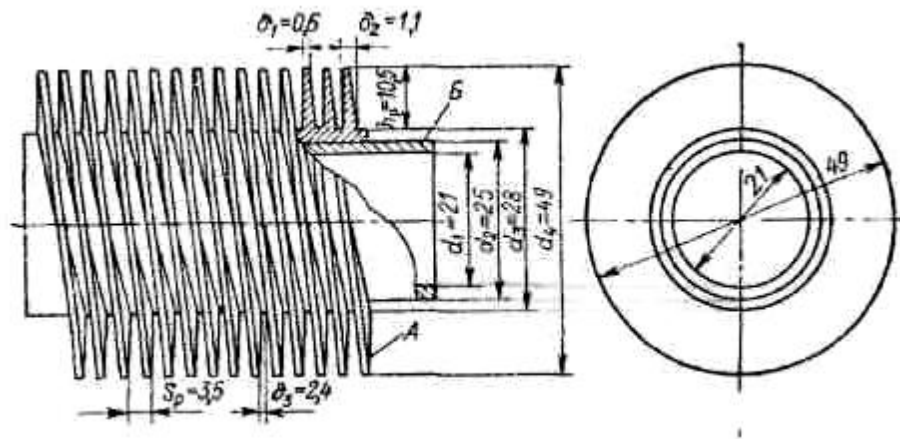


Рисунок 1.7 – Схема труби із зовнішнім оребренням

Трубні секції групують по 4, 6 або 8 рядів труб та встановлюють на металевий каркас на опорах, висота яких дозволяє розміщувати знизу промислові приводні вентилятори. Коефіцієнт оребрення труб дорівнює 20.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Діаметр колеса вентилятора знаходиться в межах 3 м. Потужність електродвигуна становить 37 кВт. У деяких моделях цей параметр дорівнює 30 кВт. Швидкість обертання колеса вентилятора досить велика. При потужності в 37 кВт відбувається більше 300 оборотів в хвилину.

Лопаті вентилятора виготовляються з алюмінію або композитного матеріалу. Вони обертаються всередині повітряного колектора і таким чином нагнітають повітря в простір між секціями.» [3]

					<i>СУЗ-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2 ОПИС ТА РОБОТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 2.1 Призначення, загальні характеристики та умови експлуатації системи автоматизації

Система автоматизованого контролю та захисту агрегатів повітряного охолодження газу на виході КЦ призначена для:

- автоматичне регулювання температури технологічного газу на виході КЦ;
- контролю та захисту вентиляторів АПО газу від перевищення допустимих рівнів вібрації;
- формування попереджувальної сигналізації та аварійного захисту за вимірюваними комплексом параметрами та своєчасного оповіщення про це обслуговуючого персоналу.

Технічні характеристики системи автоматизації.

#### Загальні технічні характеристики

1. Живлення системи автоматизації - змінний струм, 220±10% В
2. Напруга системи автоматизації - постійний струм, 19... 26 В
3. Потужність системи автоматизації не більше, 100 ВА
4. Температура навколишнього повітря (для шафи контролера), 0.. +55 °С. Для обігріву шафи використовується обігрівач.
5. Габаритні розміри шафи контролера, 1600x800x600 мм
6. Стійкість до дії електростатичних розрядів ступінь жорсткості – 3
7. Стійкість до дії електромагнітних полів радіочастотного діапазону (ЕМПРЧ) ступінь жорсткості – 3
8. За ступенем захисту від впливу навколишнього простору виконання IP54.

#### Умови експлуатації

Температура оточуючого повітря

- для перетворювачів вібрації, температури, тиску -40.. +50°С;
- при вологості вище 80% для перетворювачів вібрації, температури, тиску – 40...+50°С;
- для контролера та панелі контролера - 0.. +50°С;

Система автоматизації має класифікацію:

- за стійкістю до впливу синусоїдальної вібрації високої частоти виконання L3;
- залежно від механічних впливів, виконання – вібростійке.

					<i>СУЗ-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10





До рівня модуля збору, обробки та архівування інформації відноситься автоматизоване робоче місце з інсталюваним програмним забезпеченням на базі ПЕОМ.

Склад обладнання системи представлений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

№	Найменування	Шифр	Кількість
1	Модуль первинних перетворювачів вібрації МВП		28
1.1	Віброперетворювач	METRIX ST6917	1
1.2	Монтажний фланець		1
1.3	Корпус віброперетворювача		1
1.4	Клемна коробка з кабельними вводами		
2	Шафа автоматики ША		1
2.1	Пристрій контролю та управління		1
2.1.1	Контролер	N1 cRIO-9073	1
2.1.2	Модуль вхідних дискретних сигналів	N19426	1
2.1.3	Модуль вхідних дискретних сигналів	N19421	1
2.1.4	Модуль вихідних дискретних сигналів	N19476	1
2.1.5	Модуль вихідних дискретних сигналів	N19472	1
2.1.6	Модуль вхідних аналогових сигналів	N19208	
2.2	Перемикач режиму роботи системи		1
2.3	Розетка		1
2.4	Кліматичне встановлення на базі обігрівача ГШЗ.035.200 потужністю 500 Вт	H500	1
2.5	Лампа освітлення Wall-lamps 230V/50Hz 15W	Electronic	1
2.6	Панель індикації	Z-37	1
2.7	Панель контролера	Weintek MT8070IH	
2.8	Перетворювач інтерфейсів	TRS232-485 GSA V6	1
2.9	Пристрій грозозахисту	TWIST LG-RS485	
2.10	Модуль живлення та електробезпеки	KMET 093600	1
2.10.1	Блок безперебійного живлення	Back-UPS 500VA	1
2.10.2	Блок живлення 220/24В 5А	DR-120-24	3
2.10.3	Автомат Ri62, 220В, 2А		3
2.11	Перетворювач тиску	DMP-333	2
2.12	Перетворювач температури газу з формувачем сигналу 4...20 мА на вході/виході АПО	ТСПУ-1088 (ТСМУ- 1088)	—
2.13	Перетворювач температури зовнішнього повітря з формувачем сигналу 4...20 мА	ТСПУ-1088	1
2.14	Релейні модулі	RMC.230.21C	3
2.15	Релейні модулі	RMS.230.22C	28
2.16	Релейні модулі	RMC.024.11C	33
2.17	Блок іскрозахисту	ИБК-01	34
3	Модуль збору, обробки та архівування інформації		1
3.1	Системний блок		1
3.2	Монітор TFT з діагоналлю 22"		1
3.3	Клавіатура, маніпулятор типу «миша»		1
3.4	Плата (конвертер) введення/виводу з інтерфейсом RS-485		1
3.5	Блок безперебійного живлення	Back-UPS 500VA	1

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



Аналогові сигнали 4...20мА перетворювачів вібрації, температури та тиску надходять на аналогові цифрові програмовані модулі, де перетворюються на цифровий сигнал. Кожен вібро-, термоперетворювач та перетворювач тиску (крім термоперетворювача температури зовнішнього повітря) підключається до модулів аналогових входів через іскрозахисні бар'єри. Програмна обробка сигналів проводиться за алгоритмом, закладеним у пристрої контролю та управління на базі програмованого РС - сумісного контролера NI c-RIO 9073. За результатами цієї обробки виробляються сигнали управління включенням вентиляторів.

Дискретні сигнали керування включенням та вимкненням вентиляторів формуються в модулі вихідних дискретних сигналів, який впливає на модуль розширення на базі релейних модулів RMC.024.11 С. Замикаючи, розмикаючи контакти релейного модуля, контролер здійснює управління колом включення пускачів вентиляторів. Також з урахуванням цього модуля виконується управління відображенням стану роботи системи.

Сигнали включеного/вимкненого положення пускачів формуються на додаткових контактах пускачів (типу сухий контакт) і надходять через релейні модулі в модуль вхідних дискретних сигналів. Туди ж надходять сигнали про відключення блоків живлення №1,2, про зникнення напруги на фазі №1 або фазі №2

Сигнали режиму роботи комплексу формуються в модулі дискретних вхідних сигналів шляхом зміни положення перемикача режиму роботи комплексу.

Контролер, релейні модулі, вхідні аналогові, вхідні та вихідні дискретні модулі, іскрозахисні бар'єри розміщені у шафі контролера. Там же розміщується блок безперебійного живлення "Back-UPS 500VA", блоки живлення комплексу, а також цифровий програмований модуль на базі панелі контролера "Weintek MT8070iH". Кабелі від перетворювачів вібрації, температури та тиску, управління включенням вентиляторів та сигнали зворотного зв'язку (стану роботи пускача) заводяться у шафу знизу через гермоввод.

На дверях шафи автоматики розташована панель індикації (рисунок 2.2). На рисунку представлена умовна схема для 28 вентиляторів. Панель індикації є індивідуальною для кожної конкретної кількості вентиляторів. Зверху на панелі розташовані три світлодіоди відображення стану роботи комплексу - аварійного сигналу (червоного кольору), попереджувального сигналу (жовтого кольору) та справності комплексу (зеленого кольору).

					<i>СЧЗ-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

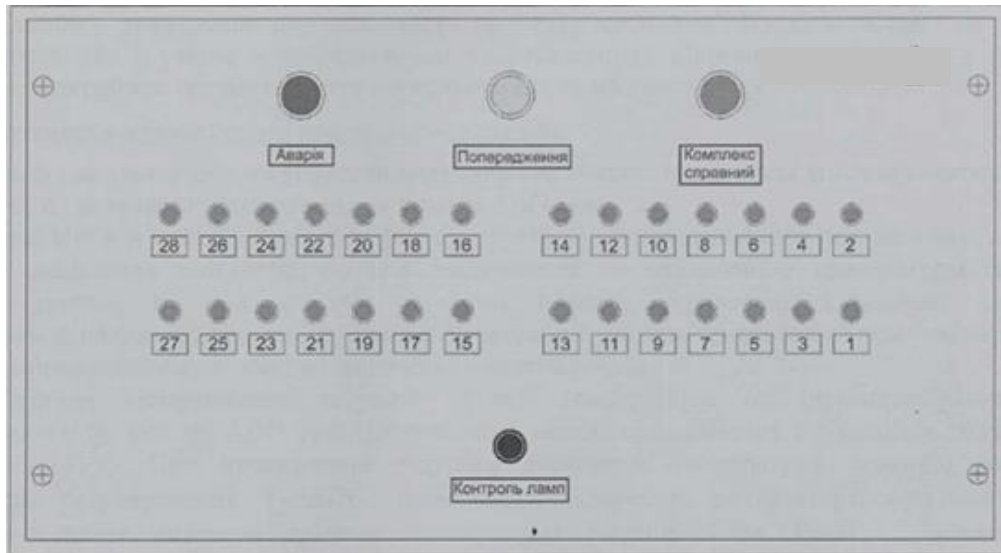


Рисунок 2.2 - Панель індикації

Червона лампа аварійного сигналу спалахує при появі аварійних сигналів (перевищення аварійних уставок параметрів вібрації, температури чи тиску). Жовта лампа сигналізує про появу попереджувальних сигналів (перевищення попереджувальних сигналів параметрів вібрації, температури або тиску). Зелена лампа у включеному стані сигналізує про справний стан комплексу, Лампа гасне при виникненні відмов перетворювачів вібрації, температури або тиску (струм менше 3.6 мА або більше 20.8 мА), а також при зникненні живлення системи автоматизації, при відмові контролера.

Під лампами в два ряди розташовані світлодіоди зеленого кольору сигналізації включеного стану вентиляторів. Світлодіоди розташовані по секціях, згідно з географічним розташуванням вентиляторів на майданчику КС.

Кнопкою контроль ламп перевіряються кола живлення світлодіодів на панелі індикації. При натисканні кнопки повинні світитися всі світлодіоди панелі індикації.



Рисунок 2.3 - Перемикач вибору режимів контролера

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Нижче на панелі індикації, на дверях шафи, розташований перемикач вибору режиму роботи контролера (рисунок 2.3), який може перебувати в чотирьох положеннях: крайнє ліве положення за годинниковою стрілкою - Автоматичний режим роботи, далі Місцевий та Ручний режим роботи контролера. Крайнє праве положення перемикача - вимкнене положення.

Залежно від положення перемикача можливі 3 режими роботи комплексу:

- 1) Автоматичний - управління включенням/вимкненням вентиляторів здійснюється контролером. Послідовність включення вентиляторів визначається обслуговуючим персоналом. Перемикач режиму роботи на дверях шафи повинен знаходитись у положенні «автомат»;
- 2) Місцевий – управління здійснюється контролером, за командами, що вводяться з панелі оператора «Weintek MT8070iH». Перемикач режиму роботи на дверях шафи повинен знаходитись у положенні «місцевий»;
- 3) Ручний – управління здійснюється за місцем кнопками «Пуск» та «Стоп» на дверях комірок або з вулиці безпосередньо біля вентиляторів. Переведення вентиляторів у ручний режим роботи здійснюється перемикачами на двері вічок.

## 2.5 Режими роботи контролера

### *Автоматичний режим роботи контролера*

У режимі автоматичного керування увімкнення вентиляторів проводиться автоматично залежно від величини температури на виході АПО газу.

Автоматична система стабілізації температури технологічного газу на вході/виході АВО газу виконана замкненою, тобто працюючою по відхиленню температури газу від заданого рівня. У цій системі функції об'єкта управління виконує система трубопроводів, що обдувається вентиляторами, а функції регулятора температури газу – контролер з термоперетворювачами та електродвигунами вентиляторів.

Контролер приймає поточний сигнал температури від термоперетворювача, встановленого на виході АПО газу. Отриманий сигнал порівнюється із заданим значенням температури  $T_p$ °C. При перевищенні поточним значенням температури верхньої межі температури регулювання  $T_p + \Delta T$ °C, відбувається включення вентилятора, при зниженні температури нижче за нижню межу температури регулювання  $T_p - \Delta T$  - вимкнення вентилятора. Порядок увімкнення/вимкнення вентиляторів визначається користувачем. Розмір  $\Delta T$  конфігурується користувачем.

										Лист
										17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						



Якщо в процесі роботи вентилятора значення віброшвидкості опори вентилятора перевищить уставку попередження протягом часової затримки спрацьовування - контролер сформує сигнал попередження. Модуль вихідних дискретних сигналів замкне коло живлення котушки релейного модуля узагальненого сигналу попередження та загориться жовта лампа на панелі індикації на дверях шафи.

Якщо рівень віброшвидкості перевищить значення аварійної уставки протягом часу затримки спрацьовування, то контролер сформує сигнал на розмикання кола живлення котушки відповідного релейного модуля вимкнення вентилятора. Вентилятор вимкнеться. Одночасно автомат вихідних дискретних сигналів замкне коло живлення котушки релейного модуля узагальненого сигналу аварія та загориться червона лампа на панелі індикації на дверях шафи. На панелі оператора «Weintek MT8070iH» з'явиться екран з інформацією про час виникнення та рівень віброшвидкості в даному каналі.

Величини уставок та часові затримки конфігуруються користувачем.

Перетворювачі тиску служать визначення внутрішньої засміченості секції при різниці значень тиску на вході і виході секції вентиляторів.

Якщо в процесі роботи вентилятора зникне сигнал увімкненого стану вентилятора (спрацює теплове реле пускача, обрив кола сигналізації, примусове вимкнення вентилятора персоналом), то контролер сформує сигнал про самовимкнення вентилятора. На панелі індикації на дверях шафи загориться червона лампа. На панелі оператора цифрового програмованого модуля «Weintek MT8070iH» з'явиться екран з інформацією про номер вентилятора, за яким відбулося самовимкнення, та час його виникнення. На АРМ оператора пройде звуковий сигнал, а фон вентилятора зміниться на миготливий червоний колір. Те саме станеться при не включенні, не вимкненні вентиляторів і при довільному включенні вентиляторів (наприклад: при ручному включенні).

При зниженні струму кола вимірювання аналогових сигналів нижче 3.6mA або при перевищенні струмом значення 20.8 mA формується сигнал відмови каналу. При цьому формується сигнал розмикання кола живлення котушки релейного модуля справності комплексу. Зелена лампа на панелі індикації на дверях шафи згасає. Лампа гасне і при вимкненні живлення контролера. В АРМ оператора фон вікна відображення відповідного параметра зміниться на сірий (неактивний).

Всі події, пов'язані з перевищенням параметрів аварійних уставок, самовимкненням вентиляторів, зберігаються в контролері і можуть бути переглянуті на панелі оператора цифрового модуля «Weintek MT8070iH». Ці параметри, а також інформація про відмови каналів протоколюється в журналі протоколів подій на АРМ оператора та архіві подій.



### 3 ОПИС ТА РОБОТА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 3.1 Шафа автоматики ША

Апаратура автоматики КТП АПО газу системи розміщується в уніфікованому корпусі – шафі автоматики. На внутрішній панелі шафи розміщено:

- Контролер;
- панель контролера "Weintek MT8070iH";
- перетворювач інтерфейсів RS232-RS485;
- перетворювачі напруги (блоки живлення);
- релейні модулі;
- іскрозахисні бар'єри;
- сполучні дроти, прокладені в кабельних трасах (пластикових лотках), клемні колодки та елементи комунікацій.

На нижній стінці шафи розташовані кабельне введення для кабелів від первинних перетворювачів вібрації, температури та тиску, кабелів управління включенням та сигналізації включеного положення вентиляторів (зворотного зв'язку), живлення комплексу, кабелів зв'язку з АРМ оператора.

Для безперервної роботи комплексу шафа встановлюється блок безперебійного живлення «Back-UPS 500VA».

У модуль шафи автоматики також включені перетворювач температури з формувачем сигналу 4...20 мА ТСПУ-1088 і перетворювачі тиску «DMP-333».

#### 3.2 Пристрій контролю та управління на базі шасі з інтегрованим контролером реального часу «NI cRIO-9073»

##### 3.2.1 Призначення та склад контролера «NI cRIO-90 73»

Контролер системи призначений для перетворення аналогових сигналів первинних перетворювачів вібрації та температури в цифрові сигнали, їх програмної обробки, формування сигналів управління включенням вентиляторів, сигналів попереджувальної та аварійної сигналізації, аварійного виключення вентиляторів при перевищенні вібрацією аварійної уставки.

					<i>СУЗ-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20





### 3.2.2 Модуль живлення контролера "NI cRIO-9073"

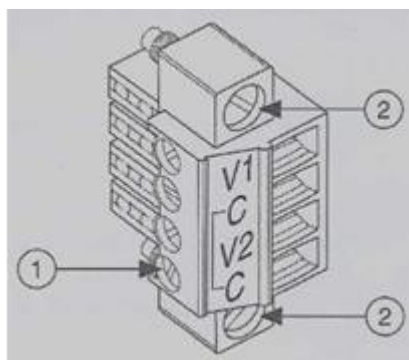


Рисунок 3.3 - Модуль живлення контролера «NI cRIO-9073»

Модуль живлення (рисунок 3.3) призначений для живлення контролера напругою 19...30 В. Для підключення модуля живлення його необхідно розмістити у відповідний роз'єм на шасі контролера та затиснути гвинтові затискачі 2. Плюс джерела живлення підключити до роз'єму V1/V, мінус - до роз'єму С. Після підключення проводів затиснути відповідні затискачі 1.

Також можливе підключення другого джерела живлення. Для цього позитивний провід підключити до другого роз'єму V2, а негативний - до С. Роз'єми С є об'єднаними.

### 3.2.3 Модулі вхідних дискретних сигналів «NI 9426» та «NI 9421»

Модуль «NI 9426» має 37-піновий роз'єм DSub до якого можна підключити 32 цифрових дискретних входів (DI 0...DI 31), живлення модуля здійснюється через дроти Vsup (рисунок 3.4).

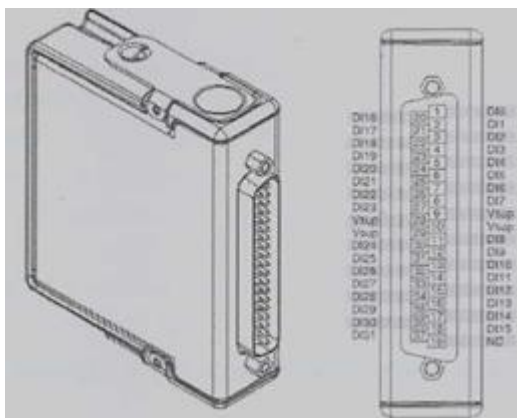


Рисунок 3.4 - Модуль вхідних дискретних сигналів NI 9426

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Характеристики модуля:

Кількість каналів 32

- Цифрові логічні рівні
- Вхідна напруга  $> (V_{sup}-5 \text{ В})$
- Вхідний струм  $i < 105 \text{ мкА}$

Включений стан

- Вхідна напруга  $< (V_{sup}-10 \text{ В})$
- Вхідний струм  $> 330 \text{ мкА}$

Підключення пристроїв/датчиків до модуля виконується згідно зі схемою (рисунок 3.5).

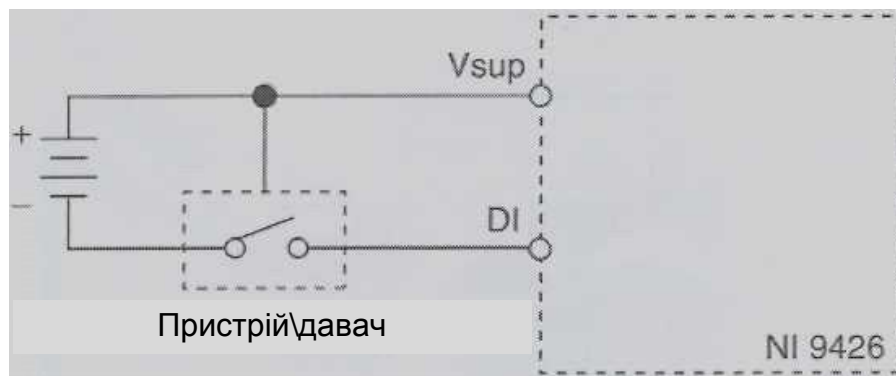


Рисунок 3.5 - Схема підключення пристрою/датчика до модуля «NI 9426»

Модуль «NI 9421» має 25-ти піновий роз'єм DSub, до якого можна підключити 8 цифрових дискретних входів (DI0...DI7), живлення модуля здійснюється через дроти COM (рисунок 3.6).

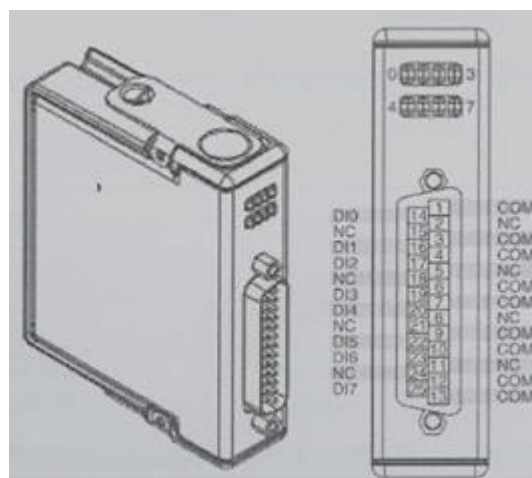


Рисунок 3.6 Модуль вхідних дискретних сигналів NI 9421

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Характеристики модуля:

Кількість каналів 8

Цифрові логічні рівні

- Вимкнений стан
- Вхідна напруга < 5 В
- Вхідний струм < 300 мкА
- Включений стан
- Вхідна напруга 11-30 В
- Вхідний струм > 3 мА

Підключення пристроїв/датчиків до модуля виконується за схемою згідно з рисунком 3.7.



Рисунок 3.7 - Схема підключення пристрою/датчика до модуля «NI 9421»

### 3.2.4 Модулі вихідних дискретних сигналів «NI 9476» та «NI 9472»

Модуль «NI 9476» має 37-піновий роз'єм DSub до якого можна підключити 32 цифрових дискретних виходів (DO0...DO31), живлення модуля здійснюється через дроти Vsup і COM (рисунок 3.8).

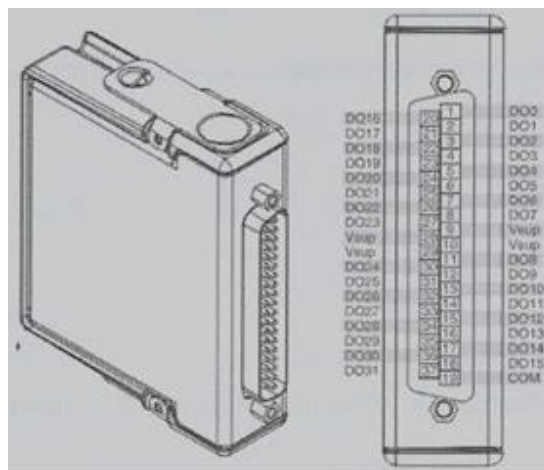


Рисунок 3.8 - Модуль вихідних дискретних сигналів NI 9476

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



Характеристики модуля:

Кількість каналів. 32

Цифрові логічні рівні

- Вихідна напруга  $V_{sup}$
- Напруга мережі 6-36 В

Тривалість вихідного струму

- При напрузі мережі 6-30 250 мА max
- При напрузі мережі 30-36 200 мА max

Підключення пристроїв/датчиків до модуля виконується за схемою згідно з рисунком 3.9.

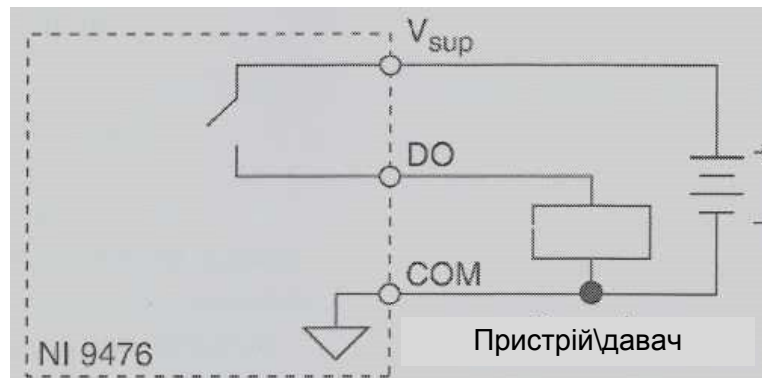


Рисунок 3.9 - Схема підключення пристрою/датчика до модуля «NI 9476»

Модуль «NI 9472» має 25-ти піновий роз'єм DSub, до якого можна підключити 8 цифрових дискретних виходів (DO 0...DO 7), живлення модуля здійснюється через дроти  $V_{sup}$  і COM (рисунок 3.10).

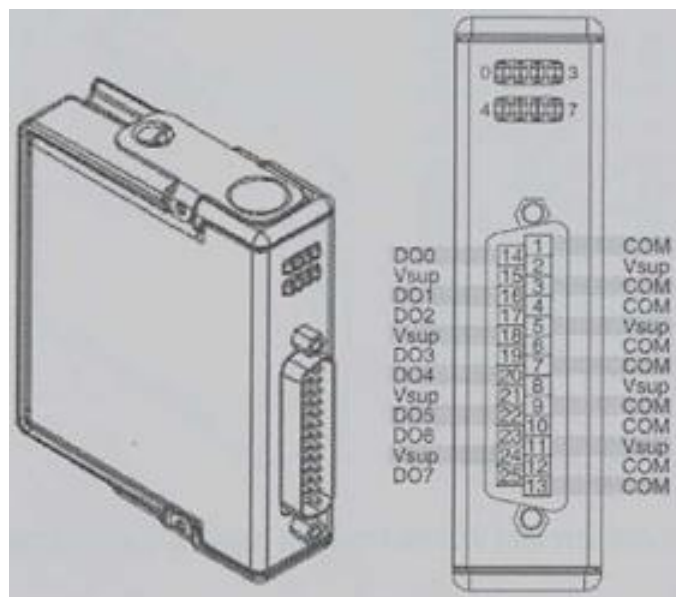


Рисунок 3.10 - Модуль вихідних дискретних сигналів NI 9472

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Характеристики модуля:

Кількість каналів 8

Цифрові логічні рівні

- Вихідна напруга  $V_{sup}$
- Напруга мережі 6-30 В

Тривалість вихідного струму при напрузі мережі 6-30 В становить 750 мА max.

Підключення пристроїв/датчиків до модуля виконується за схемою, аналогічною схемі згідно з рисунком 3.9.

### 3.2.5 Модуль вхідних аналогових сигналів "NI 9208"

Модуль «NI 9208» має 37-піновий роз'єм DSub, до якого можна підключити 16 аналогових виходів (AI 0...AI 15), живлення модуля здійснюється через клеми  $V_{sup}$  і COM (рисунок 3.11).

Характеристики модуля:

Кількість каналів 16

Вхідний діапазон струму

- Мінімальний  $\pm 21,5$  мА
- Максимальний  $\pm 22$  мА

Час перетворення (на канал)

- У режимі високої роздільної здатності 52 мс
- У високошвидкісному режимі 2 мс

Підключення пристроїв/датчиків до модулів виконується за схемою згідно з рисунком 3.12.

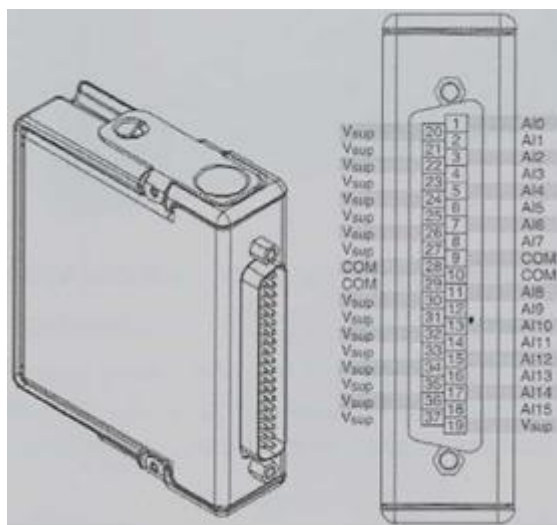


Рисунок 3.11 - Модуль вхідних аналогових сигналів «NI 9208»



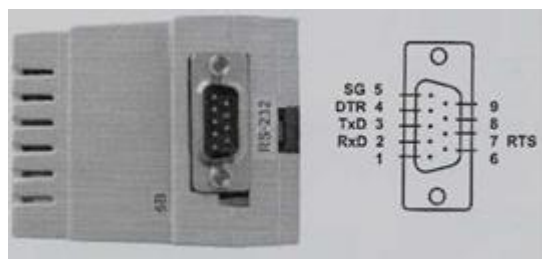
## 4 ВИБІР ТА ОПИС ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 4.1 Перетворювач інтерфейсів «TRS232-485 GSA V6»

Одноканальний перетворювач послідовних інтерфейсів "TRS232-RS485 GSA V6" призначений для перетворення інтерфейсу RS-232 в інтерфейс RS-485/RS-422, в дуплексному та напівдуплексному режимах обміну даними. Технічні характеристики каналу інтерфейса RS-232 наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики каналу інтерфейса RS-232

Кількість каналів	1
Тип роз'єму	DB-9M (вилка)
Режим обміну даними	дуплексний/напівдуплексний
Схема підключення	5- провідна
Сигнали	TxD, RxD, DTR, RTS, SG
Управління напрямком передачі	автоматичне
Управління потоком	RTS / CTS, XON / XOFF
Швидкість обміну даними	от 50 біт/с до 115 200 біт/с



Контакт	Сигнал	Функція
1		
2	RxD	Вхід
3	TxD	Вихід
4	DTR	Вихід
5	SG	Загальни
6		
7	RTS	Вихід
8		

Рисунок 4.1 – Розташування сигналів інтерфейса RS-232 на контактах рознімача DB-9M

Для даної системи використовується напівдуплексний режим. Щоб перетворювач працював в даному режимі, потрібно зняти перемички на платі перетворювача. Умовна схема зі знятими перемичками наведена на рисунку 4.2.

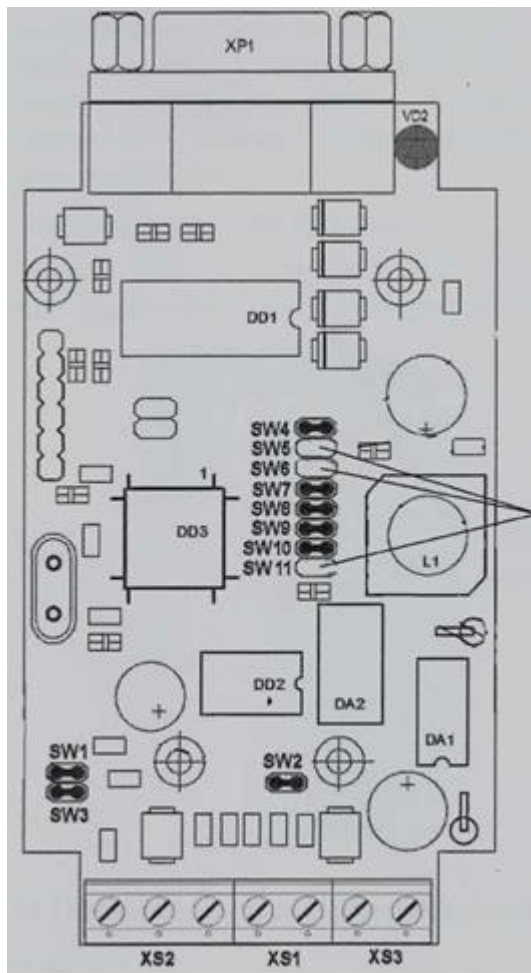
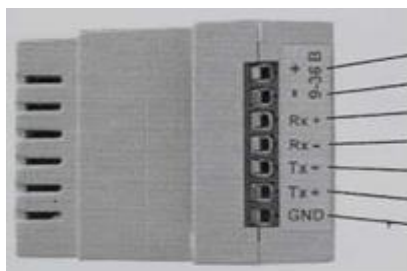


Рисунок 4.2 - Схематичне зображення внутрішньої плати перетворювача «TRS232-485 GSA V6»



Напис	Група	Функція
+	Живленн	+9-36 В
-	Живленн	Загальний
Rx+	RS-485	Приймач
Rx-	RS-485	Приймач
Tx+	RS-485	Передавач
Tx-	RS-485	Передавач
GND	RS-485	Загальний

Рисунок 4.3 - Розташування сигналів інтерфейсу RS-485/422 та виводів живлення на контактах клемної колодки

Таблиця 4.2 - Технічні дані каналу інтерфейсу RS-485/422

Кількість каналів	1
Тип роз'єму	клемна колодка
Управління напрямом даних	автоматичне
Кількість пристроїв, що підключаються	до 32
Гальванічна ізоляція	1000 В
Захист від імпульсних завад (EFT)	до 2000 В
Формат даних	8-N-1, 8-E-1, 8-0-1
Управління потоком	Нет, XON / XOFF
Довжина слова	5, 6, 7, 8 бит
Стопові біти	1, 1.5, 2
Контрольний біт	None, Even, Odd

#### 4.2 Перетворювач напруги «DR-120-24»

Перетворювачі напруги "DR-120-24" 220V/24V 5A (рисунок 4.4) призначені для живлення в стаціонарних умовах радіоелектронної апаратури системи автоматизації.



Рисунок 4.4 - Перетворювач напруги «DRP-240-24»

Характеристики перетворювача:

Вхід:

Вхідна напруга 88-264 VAC

Вихід:

- Вихідна напруга 24 VDC
- Вихідний струм 0...5 А

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата







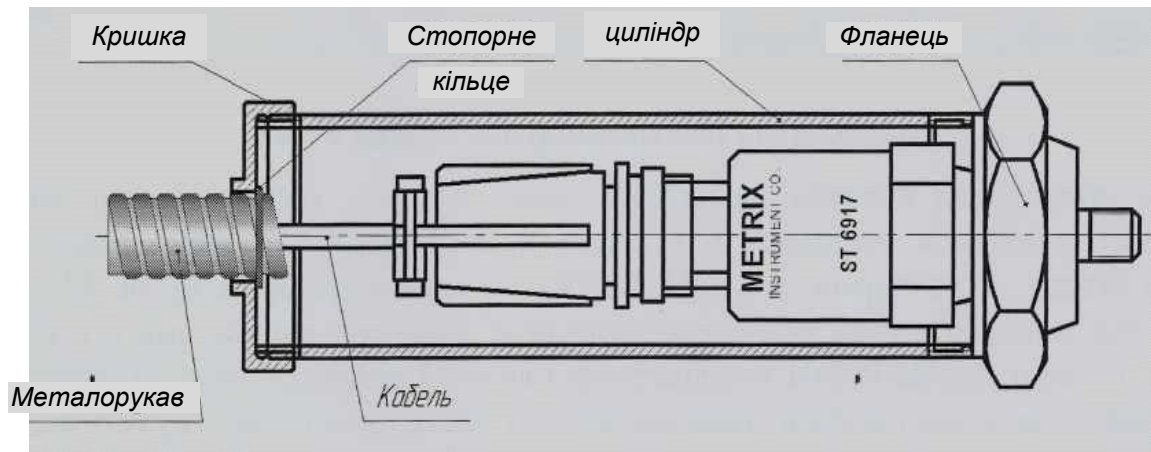


Рисунок 4.7 - Перетворювач вібрації «METRIX ST6917» у захисному корпусі

#### 4.5 Перетворювачі тиску «DMP-333»

Універсальні перетворювачі тиску «DMP-333» (рисунок 4.8) застосовується для вимірювання надлишкового тиску як статичного, так і динамічного. Спеціально розроблений для важких умов експлуатації у гідравлічному обладнанні. Конструкція датчика повністю задовольняє високі вимоги виробників гідравлічних машин та обладнання по міцності. Іскробезпечне виконання «0ExiaIICT4» дозволяє використовувати датчик у вибухонебезпечній зоні.

Перетворювачі тиску «DMP-333» встановлюються у кишені на вході та виході секції АПО газу.

Технічні характеристики:

Діапазони тиску 0...100, 0...160 бар

Основна похибка ДІ 0,35 %

Вихідний сигнал 4...20 ма

Діапазон температур вимірюваного середовища -25...+125°C

Клас захисту IP 65-68



Рисунок 4.8 - Перетворювач тиску «DMP-333»

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



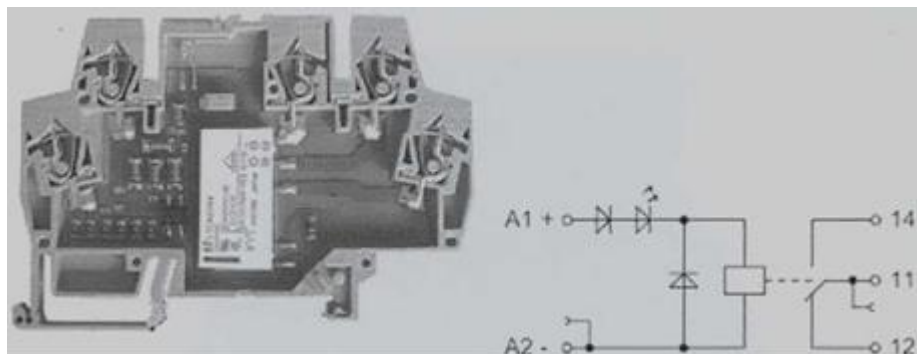


Рисунок 4.10 - Релейний модуль «RMC.024.11C»

Характеристики модуля:

Напруга управління +24 DC

Потужність, що споживається не більше 170 мВт

Індикатор наявності напруги, що управляє зелений світлодіод

Перемикаюча група одна, SPDT-COx6A

Робоча температура -40+70°C

#### 4.8 Релейні модулі «RMC. 230.21 C»

Релейні модулі «RMC.230.21C» (рисунок 4.11) служать для забезпечення електроживлення шафи автоматики від «Ввода №1» та «Вода №2», а також контролю наявності живлення на робочих вводах електроживлення шафи. За допомогою їх також проводиться комутація сигналів зворотного зв'язку про стан вентиляторів. Модуль реле є електромеханічним реле в клемній колодці Wago з однією SPDT-CO (1x6A) групою перемикаючих контактів. Управління здійснюється змінною напругою 220В.

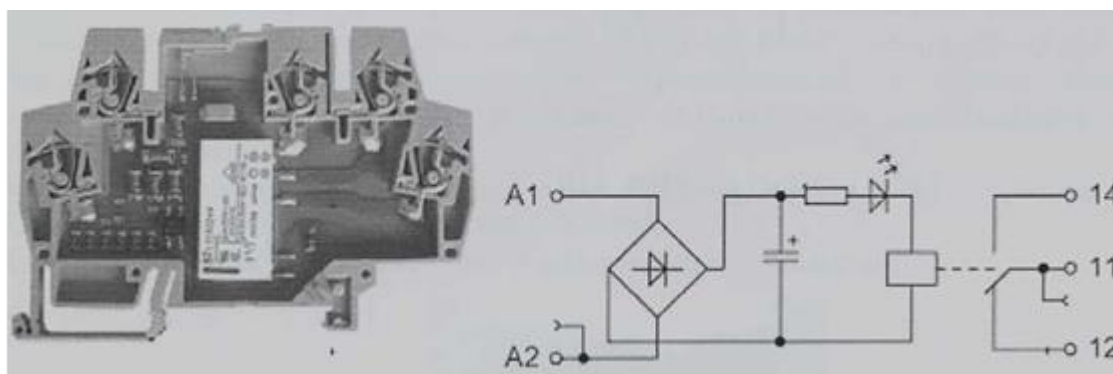


Рисунок 4.11 - Релейний модуль «RMC.230.21C»

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Характеристики модуля:

- Напруга управління 220 AC/DC
- Потужність, що споживається не більше 170 мВт
- Індикатор наявності напруги, що управляє зелений світлодіод
- Перемикаюча група одна, SPDT-COx6A
- Робоча температура °C -40 +70

#### 4.9 Іскрозахисні бар'єри «ІБК-01»

Іскрозахисні бар'єри «ІБК-01» (рисунок 4.12) призначені для живлення напругою постійного струму (без гальванічної ізоляції) пасивної аналогової струмової петлі (4...20)мА пристроїв, встановлених у вибухонебезпечній зоні (канали 3 та 4).

Іскрозахисні бар'єри встановлюються на DIN-рейку.



Рисунок 4.12 - Іскрозахисний бар'єр «ІБК-01»

Бар'єри мають маркування вибухозахисту «ExiBIBX» або «2ExsibIBT6X», а також максимальні параметри іскробезпечних кіл:

- Максимальна вихідна напруга холостого ходу  $U_0$  28 В
- Максимальний вихідний струм короткого замикання  $I_0$  93 мА
- максимально допустима зовнішня ємність  $C_0$  0.3 мкФ
- Максимально допустима зовнішня індуктивність  $L_0$  10 мГн
- Внутрішня ємність  $C_i$  10 нФ
- Внутрішня індуктивність 10 мкГн

										Лист
										37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

#### 4.10 Пристрій грозозахисту «TWIST-LG-RS485»

Пристрій грозозахисту «Twist-LG-RS485» (рисунок 4.13) призначений для захисту від наведених імпульсних напруг (грозозахисту). Twist-LG-RS485 використовується для захисту обладнання від високовольтних імпульсних перенапруг в лінії, викликаних електростатичними зарядами, грозовими розрядами, сильними електромагнітними полями, високовольтними імпульсними наведеннями.

Встановлюється з боку контролера та АРМ оператора, з обох боків кабелю лінії зв'язку RS-485.

Для правильної роботи пристрій потребує обов'язкового заземлення.



Рисунок 4.13 - Пристрій грозозахисту «Twist-LG-RS485»

Технічні характеристики:

Опір, що вноситься	не більше 7 Ом
Ємність вхідна	не більше 40 пФ
Порогова напруга спрацьовування захисту	6 В
Час спрацьовування	не більше 200 нс
Допустимий імпульсний 10/1000 мкс струм розряду в лінії	100 А
Діапазон робочих температур	-40.. +50 °С

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської роботи було розроблено систему автоматизації апарату повітряного охолодження газу 2АВГ-75.

В якості контролера системи був обраний контролер NI cRIO-90 73, який призначений для перетворення аналогових сигналів первинних перетворювачів вібрації та температури в цифрові сигнали, їх програмної обробки, формування сигналів управління включенням вентиляторів, сигналів попереджувальної та аварійної сигналізації, аварійного виключення вентиляторів при перевищенні вібрацією аварійної уставки.

Розроблена структурна та функціональна схеми системи автоматизації. В якості первинних перетворювачів обрані:

- термоперетворювачі опору ТСП-1088;
- перетворювачі вібрації METRIX ST6917;
- універсальні перетворювачі тиску DMP-333.

В якості комутуючих блоків обрані:

- Релейні модулі WAGO «RMS.230.22C»;
- Релейні модулі «RMC.024.11C»;
- Релейні модулі «RMC. 230.21 C»;
- Іскрозахисні бар'єри «ІБК-01».

Система відповідає вимогам до автоматизації АПО газу, що дозволить оптимізувати роботу АПО, скоротити витрати електроенергії, та раціонально використовувати вентилятори, обираючи та відслідковуючи час напрацювання кожного з них. Давачі вібрації, що встановлюються на нижній опорі підшипника вентилятора, дають змогу діагностувати стан механічної частини вентилятора та вчасно запобігати виходу з ладу останньої шляхом проведення попереджувального огляду та ремонту.

Давач тиску дозволяє отримати інформацію про стан проточної частини АПО.

Інтерфейс оператора дозволить експлуатаційному персоналу не тільки відслідковувати в реальному часі стан роботи АПО, але і керувати АПО в дистанційному та місцевому режимах керування.

					<i>СЧЗ-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ. Конспект лекцій доцента кафедри НГТТ і Т Гаєвої Любов Іванівни. <https://studfile.net/preview/7087107/page:23/>
- 2 Апарат повітряного охолодження. Типи і опис <https://jak.koshachek.com/articles/aparat-povitrjanogo-oholodzhennja-tipi-i-opis.html>
- 3 Небрат В. Г. Холодильна установка. Розробити апарат повітряного охолодження для конденсації парів хладону-12: робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр; спец.: 133 – Галузеве машинобудування/ В. Г. Небрат; наук. керівник С.М. Яхненко.– Суми: СумДУ, 2021. – 44 с.
- 4 Рибіцький І.В. – Новітні методи та засоби контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин» (152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка). – ІваноФранківський національний технічний університет нафти і газу, ІваноФранківськ, 2021.
- 5 Rybitskyi I., Karpash O., Darvay I., Karpash M. New low-cost method for determination of heating value of natural gas. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Vol. 28, Issue 1-2. Krakow, 2011, p.333-338.
- 6 Rybitsky I., Slobodyan M., Kogut G., Popovych V., Karpash M. Analysis of measures to enhance energy efficiency and sustainable development of the gas transmission system of Ukraine. New Trends in Production Engineering. Monograph, Part 2. Warsawa. 2019, pp.76-84.
- 7 Doroshenko Ya.V., Karpash O.M., Rybitskyi I.V. Investigation of dispersed contaminates influence on the hydraulic energy consumption of elements of gas pipeline systems with complex geometry. Topical scientific researcher into resourcesaving technologies of mineral mining and processing. Multi-authored monograph. Sofia:Publishing House “St. Ivan Rilski”, 2020. P.182–207..
- 8 Raiter P. Methods and system for non-separational evaluation of hydrocarbon flow composition. Modernization and engineering development of resource-saving technologies in mineral mining and processing : Multi-authored monograph / Raiter P., Karpash O., Yavorskyi A., Rybitskyi I. ; Petrosani, Romania. UNIVERSITAS Publishing. 2019. 476p. pp. 304–326.
- 9 Rybitskyi I. V., Oliynyk A. P., Yavorskyi A. V., Karpash O. M., Karpash M. O., Tsykh V. S., Slobodyan M. B. Impact Assessment of NonTechnological Fluid Accumulations in the Cavity of an Existing Gas Pipeline on the Energy Efficiency of Its Operation. Physics and chemistry of solid state. Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. V. 20, № 4. 2019. P. 457-466.

										Лист
										40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

10 Doroshenko, Y., Rybitskyi, I. Investigation of the influence of the gas pipeline tee geometry on hydraulic energy loss of gas pipeline systems. Eastern- 11 European Journal of Enterprise Technologies. Volume 1, Issue 8-103, 2020, P. 28-34.

11 Okipnyi Igor, Poberezhny Lyubomyr, Zapukhliak Vasyl, Hrytsanchuk Andrii, Poberezhna Liubov, Stanetsky Andrij, Kravchenko Viktoria, Rybitskyi Ihor. Impact of long-term operation on the reliability and durability of transit gas pipelines. Strojnicky časopis – Journal of mechanical engineering vol. 70 (2020), no 1, p. 115-126.

12 Карпаш М. О., Карпаш О. М., Ващишак І. Р., Доценко Є. Р., Миндюк В. Д., Рибіцький І. В., Яворський А. В. Технічна діагностика обладнання та конструкцій : навч. посібник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. 413 с.

13 Рибіцький І. В., Трофімчук В. І. Відбір тепла із лінії трубопроводів охолоджуючого масла газоперекачуючого агрегату та способи його ефективного використання. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 6/2019 (119). Галузеве машинобудування. С. 133-139.

14 Даців М. М. Система автоматичного управління апаратами повітряного охолодження перекачаного газу на компресорній станції / М. М. Даців, Ю. М. Пилипенко. // Технології та дизайн. - 2019. - № 1. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2019\\_1\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2019_1_13)

15 Бондаренко Г. А. Компресорні станції : підручник / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 385 с.

16 Vychuzhanin V. V. Setting regulator parameters in a programmable logic integral circuit for automatic control systems of heat exchangers. Applied Aspects of Information Technology. Information Measuring and Control Systems. 2019. Vol.2 No.4. P. 328–344.

17 Ковалюк Д. О., Ковалюк О. О., Бородін В. І., Степанюк М. М. Інтеграція програмних засобів систем керування. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Київ, 2019. Том 30 (69) Ч. 1 № 1. С. 56–60.

18 Процеси та обладнання хімічної технології-1. Теплові процеси: вказівки до виконання розрахункової роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 Галузеве машинобудування, освітньої професійна програма бакалаврів «Комп'ютерноінтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Швед М.П., Степанюк А.Р., Швед Д.М. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 271 с.

19 Проектування систем автоматизації [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кіберенергетичних систем» /Укладачі: Т. Г. Баган, О. В. Некрашевич; КПІ імені Ігоря Сікорського. –



Електронні текстові дані (1 файл: 2,89 Мбайт). – Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2020. – 59

с.

					<i>СУз-91С.151.02 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42