

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КН

_____ Довбиш А. С.

_____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

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

на тему : «Автоматизація термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100»

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Толбатов В.А.

Дипломник

студент гр. СУ-61

Дудник Б.В.

Суми – 2020

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	ТЗ	Технічне завдання	3		
3	A4		Реферат	1		
4	A4	СУ61.6.151.06.ПЗ	Пояснювальна записка	60		
			<u>Документація конструкторська</u>			
5	A3	СУ61.6.151.06.A1	Схема інформаційно-матеріальних потоків	1		
6	A3	СУ61.6.151.06.A2	Функціональна схема автоматизації	1		

					<i>СУ-61.6.151.06.ДП</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Дудник Б.В.			Автоматизація термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100 Відомість проекту	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Толбатов В.А.				Т	1	1
Рецензент						<i>СумДУ СУ-61</i>		
Н. Контр.								
Затвердив		Дрозденко О.О.						

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КН

_____ Довбиш А. С.

_____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Дуднику Богдану Віталійовичу

1. Тема проекту: Автоматизація термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100.
2. Затверджено наказом ректора університету № 0613-III від 21.04.2020 р.
3. Термін здавання студентом завершеного проекту «15» травня 2020 р.
4. Вихідні дані до проекту: тези, звіт з переддипломної практики, статті, наукові публікації, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалами, що описують технологічний процес термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100.
5. Зміст пояснювальної записки: технологічний аналіз загальних відомостей про термічну газову піч; вибір каналів управління, сигналізації та блокування; обґрунтування вибору приладів для відповідних контурів регулювання; проектування функціональної схеми опису схеми автоматизації, а також охорона праці.
6. Перелік графічних матеріалів: 29 рисунків, 2 додатки.

7. Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапів проектування	Термін виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Підбір та аналіз літератури. Складання технічного завдання	21.02.2020 – 29.02.2020
2	Розгляд технологічних питань	01.03.2020 – 03.03.2020
3	Опис технологічного процесу та визначення функціональних завдань проекту	04.03.2020 – 09.03.2020
4	Розроблення системи автоматизації.	10.03.2020 – 19.03.2020
5	Розроблення пояснювальної записки	20.03.2020 – 18.04.2020
6	Вирішення питання з охорони праці	19.04.2020 – 30.04.2020
7	Технічне оформлення проекту. Здавання проекту керівнику	01.05.2020– 15.05.2020

8. Дата видачі завдання 20 лютого 2020 р.

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Толбатов В.А.

До виконання прийняв:

студент-дипломник

групи СУ-61

Дудник Б.В.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизації термічної нагрівальної газової печі
моделі ТДОМ-10х20х10/1100

Розробник:
студент групи СУ-61

Дудник Б.В.

Погоджено:
керівник проекту

Толбатов В.А.

1. *Назва і галузь застосування:* система автоматизації термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100; термічні газові печі застосовується в промисловості, а саме в машинобудуванні.

2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0543 від 21.04. 2020 року, пункт 3.

3. *Мета і призначення проекту:* розробити (спроєктувати) автоматичну систему управління термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100, спроможну забезпечувати виконання ряду технологічних задач:

- 1) Контур контролю температури розріджених газів після едукторів;
- 2) Контур контролю температури в димовій трубі;
- 3) контур контролю тиску в трубопроводі повітря;
- 4) контур контролю тиску в газопроводі;
- 5) Контур контролю за температурними показниками в камері печі.
- 6) Контур регулювання подачі газ та повітря;
- 7) Контур скидання надлишкового тиску;
- 8) Контур аварійного перекриття трубопроводу подачі газу;
- 9) Контур підпалювання пальників та контролю наявності факела;
- 10) Контур регулювання пічної заслінки.

Для досягнення поставлено мети було проведено розробку технічної документацію, а саме: розробка ФСА термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100.

4. *Джерела розроблення:* аналіз світових систем керування, конструкторська документація отримана під час проходження переддипломної практики, тези, статті, веб-сайти.

5. *Режими роботи об'єкта:* періодичної дії, ТО не рідше 4 разів на рік. Для забезпечення оптимальної роботи, СУ підібрана з урахуванням вибраного ОА, а саме цеху термічної обробки, всі давачі мають захист від вибухонебезпечності та пилу.

6. *Умови експлуатації СК:*

- 1) дія агресивного середовища (агресивні гази, пил, та ін.);
- 2) атмосферний тиск 84 - 107 кПа;
- 3) при температурі плюс 35 °С і більше відносна вологість до 98%;
- 4) сейсмічна активність до 6 балів;
- 5) температура повітря 0 – (+70) ° С;
- 6) низькі значення температури.

7. *Технічні вимоги:* СУ процесу термічної обробки повинна бути точною, надійною, безпечною при експлуатації і монтажі, зручною в управлінні і повинна підтримувати задану температуру в об'єкті.

8. *Економічні показники:* ефективність економічних показників повинна забезпечуватися за рахунок застосування проектування з мінімальними витратами та сучасної техніки, що в свою чергу підвищить якість функціонування.

9. *Стадії та етапи проектування:*

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури	21.02.2020 – 29.02.2020
2	Розгляд загальних технологічних питань	01.03.2020 – 03.03.2020
3	Опис технологічного процесу та визначення функціональних завдань проекту	04.03.2020 – 09.03.2020
4	Розроблення системи автоматизації.	10.03.2020 – 19.03.2020
5	Розроблення пояснювальної записки	20.03.2020 – 18.04.2020
6	Вирішення питання з охорони праці	19.04.2020 – 30.04.2020
7	Технічне оформлення проекту. Здавання проекту керівнику	01.05.2020– 15.05.2020

РЕФЕРАТ

Дудник Богдан Віталійович. Автоматизація термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10x20x10/1100. Дипломний проєкт. Сумський державний університет. Суми, 2020 р.

СА розроблена на базі контролера Schneider Electric Modicon M241.

Проєкт містить 53 аркуші пояснювальної записки, що включає 29 рисунків , 2 додатки, та 33 джерела інформації.

Розроблено автоматизовану систему термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10x20x10/1100. У пояснювальній записці приведена коротка характеристика термічних газових печей, розроблено контури керування та інформаційні контури нагрівальної газової печі, підібрано сумісні засоби автоматизації.

Ключові слова: нагрівальна термічна газова піч, виконавчий механізм, середовище програмування, частотний перетворювач, давач, рекуперативний пальник, панель управління, програмований логічний контролер, функціональна схема автоматизації, система управління.

ABSTRACT

Dudnyk Bohdan Vitaliyovych. Automation of the thermal heating gas furnace of the TDOM-10x20x10 / 1100 model. Degree project. Sumy State University. Sumy, 2020

The automation system is developed on the basis of the Schneider Electric Modicon M241.

The project contains 53 sheets of explanatory note, which includes 29 figures, 2 appendices and 33 sources of information.

An automated system of thermal heating gas furnace model TDOM-10x20x10 / 1100 has been developed. The explanatory note gives a brief description of thermal gas furnaces, developed control circuits and information contours of the heating gas furnace, selected compatible automation tools.

Key words: heating thermal gas furnace, executive mechanism, programming environment, frequency converter, sensor, recuperative burner, control panel, programmable logic controller, functional scheme of automation, control system.

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

Автоматизація термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100

Керівник проекту

Толбатов В.А.

Проектант:

Студент гр. СУ-61

Дудник Б.В.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА УПРАВЛІННЯ.....	6
1.1 Класифікація термічних газових печей.....	6
1.2 Технологічний процес обробки металів в термічній газовій печі.....	8
1.3 Характеристики об’єкта автоматизації.....	11
РОЗДІЛ 2 ВИБІР КАНАЛІВ СИГНАЛІЗАЦІЇ, УПРАВЛІННЯ ТА БЛОКУВАННЯ	14
2.1 Автоматизація системи подачі газ та повітря.....	14
2.2 Автоматизація системи скидання надлишкового тиску.....	15
2.3 Автоматизація системи підпалювання пальника та контролю наявності факела .	16
2.4 Автоматизація системи контролю за температурними показниками в камері печі.....	16
2.5 Автоматизація системи аварійного перекриття трубопроводу подачі газу.....	18
2.6 Автоматизація системи регулювання пічною заслінкою.....	18
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ СИГНАЛІЗАЦІЇ, АВТОМАТИЗАЦІЇ, ЗАХИСТУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	20
3.1 Вибір обладнання.....	20
3.1.1 Перетворювач термоелектричний ОВЕН ДТПХxx5М.І.....	20
3.1.2 Перетворювач термоелектричний ТППУ/1-0679-П.....	21
3.1.3 Давач тиску Aplisens PC-28.....	22
3.1.4 Давач тиску Aplisens PC-50.....	23
3.1.5 Перетворювач тиску ОВЕН ПД150.....	24
3.1.6 Перетворювач частоти Lenze 8200 SMD.....	25
3.1.7 Витратомір ультразвукового типу Daniel SeniorSonic 3414.....	27
3.1.8 Витратомір вихрового типу Rosemount 8600D	29
3.1.9 Блок управління пальником Kromschroder IFS 244-3/WI.....	30
3.1.10 Клапан газовий вибухозахисний ВН4М – 1КЕ	31

					<i>СУ-61.6.151.06.ДП</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Дудник Б.В.			Автоматизація термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10x20x10/1100 Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник		Толбатов В. А.				Т	2	60
Рецензент						<i>СумДУ СУ-61</i>		
Н контр.								
Затвердив		Дрозденко О.О.						

3.1.11 Дросельний клапан ДХ.....	33
3.1.12 Давач - реле тиску Kromschroder DG50U – 3.....	32
3.1.13 Давач - реле тиску Kromschroder DG 150U – 3.....	33
3.1.14 Кінцевий вимикач положення заслінки ВПК-2112 БУ2.....	34
3.1.15 Рекуперативний пальник Resumat M250.....	35
3.1.16 Вентилятор радіального типу високого тиску серії ВЦ 6-28 (ВР 120-28) №8 з електродвигуном АІР 200 L2	37
3.1.17 Вентилятор радіальний жаростійкий з подовженим валом СЦ-140 (250 °С).....	39
3.1.18 Електродвигун серії АІР100L4.....	40
3.1.19 Програмований логічний контролер.....	41
3.1.20 TFT дисплей Weintek МТ-8071іЕ.....	44
3.2 Організація каналу зв'язку.	45
3.3 Програмне забезпечення.....	46
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТКИ.....	51
ДОДАТОК А.....	52
ДОДАТОК Б.....	53

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТМ – торгова марка
АСУ – автоматизована система украління
СУ – система управління
АСУТП – автоматична система управління технологічним процесом
ОП – операторна панель
ОС – операційна система
ЧЕ – чутливий елемент
СПЗ – спеціалізоване програмне забезпечення
ЕМС – електромагнітна сумісність
БУП – блок управління пальником
ВП – вторинний прилад
П – перетворювач
ПЛК – програмований логічний контролер
ВМ – виконавчий механізм
Д – давач
ПК – персональний комп'ютер
ТП – технологічний процес
ЧП – частотний перетворювач
КВП - коефіцієнт використання палива
ХТО – хіміко – технічна обробка
ТКП – термічні камерні печі
ВМ – виконавчий механізм
SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition
ТО – технічний огляд
ОА – об'єк автоматизації

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Нагрівальні газові печі - це печі, призначені для нагріву металевих виробів перед подальшою його обробкою під високим тиском: куванням, штампуванням або прокаткою. Термічні газові печі мають широке середовище застосування, але найбільшого поширення набули в машинобудуванні: для нормалізації, відпалу, відпустки, нагрівання під загартування, нагрівання під гарячу деформацію (штампування, кування, прокатка), старіння. У багатьох галузях промисловості використовують термічні печі з газовим обігрівом. Вони являються однією з ланок технологічного циклу в різних областях виробництва - починаючи від металургії та закінчуючи виготовленням будівельних матеріалів.

Найбільш актуальним є питання про час, за який пічне обладнання зможе окупитися. Все залежить від типу обладнання та його навантаження, тому конкретну відповідь отримати неможливо. За розрахунками експертів, періодична піч при повному завантаженні окупить себе за 2 – 4 роки, беручи до уваги тільки економію палива. Але, якщо брати до уваги непрямі фактори економії такі як підвищення продуктивності та підвищення продукційної якості то піч окупить себе значно швидше. Враховуючи вищесказане можемо зробити висновок, що використання печей в промисловості країни є дуже поширеним, навіть в умовах, які пов'язані з високими цінами на електроенергію та паливо.

В наш час постійно відбувається розвиток та вдосконалення більшості галузей виробництва. Беручи до уваги машинобудування можна з впевненістю сказати, що вдосконалення термічних процесів не стоїть на місці. Напрямок людської роботи постійно змінюється набуваючи аналізуючого характеру. Впровадження автоматичних систем дає можливість заміни людську працю на машинну, що в свою чергу забезпечує високу безпеку праці, зменшує кількість виробничих травм. Підсумовуючи вищесказане можна зробити висновок, що автоматизація термічного обладнання, це великий крок в майбутнє металургії.

Автоматизація технологічних процесів, впровадження нового обладнання та модернізація існуючого - це шлях розвитку, який є дуже важливим для підприємств України. Це крок, який в майбутньому дасть можливість процвітання промислового комплексу та підприємств всієї країни загалом.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1
КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА
УПРАВЛІННЯ

1.1. Класифікація термічних газових печей.

Класифікація термічних печей проводиться за такими основними ознаками:

- технологічне призначення;
- спосіб механізації завантаження, вивантаження або переміщення садки;
- тепловий режим роботи печі;
- джерело теплової енергії;
- середовище нагрівання.

Технологічне призначення визначається тими операціями термічної обробки, які можна проводити в даній печі. Є спеціалізовані печі, призначені для виконання тільки однієї операції, низької або високої відпустки, цементації, азотування тощо. Але більша частина печей використовується для різних операцій термічної обробки: відпалу, нормалізації, загартування, високої відпустки. Тому технологічна ознака не є визначальною в класифікації печей. За виробничим призначенням печі діляться на промислові та лабораторні.

За способом механізації садочні печі діляться на вісім конструкційних груп:

- з нерухомим подом і завантаженням через вікно в передній стінці вручну або зовнішнім механізмом (часто такі печі називають камерними);
- з висувним подом;
- ковпакові;
- вертикальні, включаючи шахтні;
- елеваторні (з підйомним подом);
- з пересувною камерою (контейнерні);
- ямні;
- двокамерні та багатоканерні.

У термічних печах тепло нагрівання садки передається випромінюванням конвенції і рідше, теплопровідністю. За способами передачі тепла печі можна розділити на групи по середовищу і температурі нагріву [1].

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За середовищем нагріву печі підрозділяються на:

- газове наповнення (продукти повного згорання паливо, повітря, контрольовані атмосфери);
- з рідкими теплоносіями (печі - ванни);
- з псевдозрідженим або «киплячим» шаром;
- вакуумні.

Середовище нагріву залежить від технологічної операції, і з урахуванням впливу на поверхню металу, що нагрівається середовища можна розділити на:

- окислюючі (продукти згорання, повітря);
- захисні, пристрої для захисту від окислення;
- спеціальні, які використовуються для операцій хіміко - термічної обробки (ХТО);
- вакуум, що захищає в основному від окислення.

З урахуванням середовища нагріву термічні печі по робочій температурі діляться на три групи:

- з високою температурою нагріву (t печі > 700 °С) з теплопередачею переважно випромінюванням в газонаповнених печах і тільки випромінюванням в вакуумних;
- з середньою температурою (t печі = $500 \dots 700$ °С), де частина тепла передається випромінюванням, а частина - конвекцією;
- з низькою температурою (t печі < 500 °С), в яких переважаючою є конвекція.

Низькотемпературні печі зазвичай мають один або кілька вентиляторів і систему каналів для організації потоку повітря або газу зі швидкістю від 5 до 30 м / с для підвищення коефіцієнта конвективної теплопередачі.

Вентилятори встановлюють і в високотемпературних муфельних та безмуфельних печах для вирівнювання складу контрольованої атмосфери по всьому об'єму робочої камери або зони печі. На теплопередачу ці вентилятори впливу практично не надають.

В нашому проекті, відповідно до умов теплообміну ми маємо високотемпературну піч, яка досягає температури в 1150 °С. За способом механізації піч відноситься до камерних печей, де завантаження та розвантаження відбувається через вікно в передній стінці вручну або зовнішнім механізмом (маніпулятором). З урахуванням впливу на поверхню металу, що нагрівається піч відноситься до окисного середовища. Всі ці характеристики і описують назву термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100, адже ТДОМ – це термічна без викочуваного поду (камерна) з окисною атмосферою, механізована піч [2].

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній вигляд термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100, було розроблено в комп'ютерній програмі FreeCAD, який представлений на рис. 1.1.

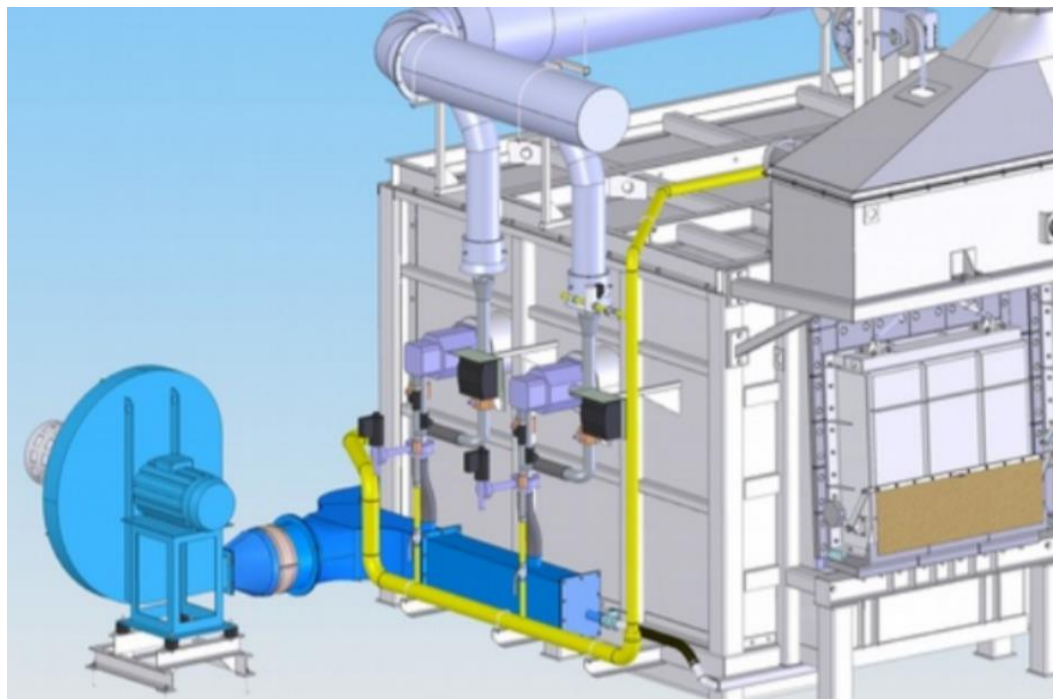


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100

1.2 Технологічний процес обробки металів в термічній газовій печі.

Під час термічної обробки значно підвищується якість виробів, або з'являються додаткові властивості, які дають можливість знизити зносостійкість металу в процесі експлуатації. Термічну обробку проходять всі види холодного та гарячого прокату: драти, листи, рейси, труби стрічки, швелера та інші.

Термічну обробку можна поділити на такі види:

- 1) гарячекатаний лист:
 - гартування або нормалізація з подальшою відпусткою;
 - високий відпуск або відпал;
- 2) рейки - ізотермічна витримка, відпуск, нормалізація;
- 3) сортовий прокат – ізотермічний і повний відпал, нормалізація, патентування (загартовування);
- 4) холоднокатана стрічка і лист – рекристалізаційний відпал [3].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Всі види термообробки поділяються на дві великі групи:

1) простий нагрів до відповідної температури з подальшим викидом у повітря - нормалізація або у рідкі середовища – гарт.

2) нагрівання до відповідної температури з подальшою тривалою ізотермічною витримкою, та на завершальному етапі з регламентованим охолодженням або за обставин охолодження разом з піччю (відпал). На рис. 1.2 представлено приклади режимів термообробки.

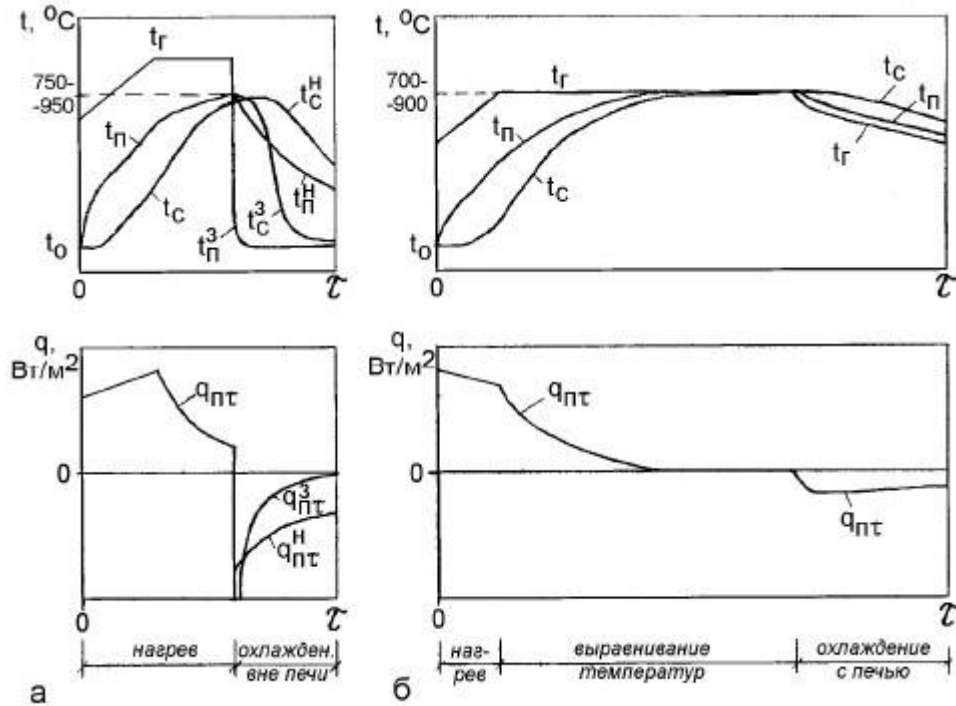


Рисунок 1.2 – Характерні режими термообробки в термічних печах.

Пояснення до рис. 1.2:

а – загартовування (індекс «З») та нормалізація (індекс «Н»);

б – відпал;

t_r – температура диму;

t_0 – початкова температура садки;

t_n – температура поверхні садки;

t_c – температура металу в середині;

$q_{пт}$ – щільність потоку тепла на поверхні садки в процесі нагрівання [4];

Термічна обробка металів або сплавів складається з наступних загальних видів: відпал 1-го роду, відпал 2-го роду, загартовування з поліморфним перетворенням, загартовування без поліморфного загартовування, відпуск та старіння. Дані види термічної обробки використовують для сталей так і для кольорових металів і сплавів.

Відпал – дана термічна обробка полягає в нагріванні до певної величини температури (вище або нижче критичної межі), витримці і з подальшим повільним охолодженням для того, щоб на кінцевому етапі отримати якомога більше рівномірну структуру. Викликає зменшення твердості і міцності, за рахунок цього підвищується пластичність.

Відпал першого роду – це відпал при якому не виникає фазових перетворень (перекристалізації) або вони не здійснюють вплив на кінцевий результат

Відпал другого роду – це відпал, при якому відбуваються фазові перетворення (перекристалізація) при нагріванні та охолодженні.

Загартування – здійснюється для отримання нерівноважної структури, в тих випадках, коли в сплаві присутня змінна розчинність компонентів у твердому розчині, виникає поліморфне перетворення, розклад високотемпературного твердого розчину по евтектоїдній реакції. Для інструментальних та конструкційних сталей і сплавів загартовування проводять з метою зміцнення або підготовці до зміцнення при подальшому відпуску (старінні). В свою чергу загартування поділяється на такі види: безперервне, ступінчасте, ізотермічне, з самовідпусткою, з обробкою холодом, повернення після старіння, з поліморфним перетворенням.

Відпустка – кінцева термічна обробка, полягає в нагріванні сплаву, який попереднє був підданий загартуванню з поліморфним перетворенням до температури, яка нижче температурних фазових перетворень (зазвичай витримка не менше однієї години) і охолодження з метою отримання бажаних форм та заданої структури. Охолодження зазвичай проводять на повітрі, в деяких випадках охолоджують в маслі або воді, щоб уникнути появи відпускнуї крихкості (при високій відпустці виробів із легованих металів).

Старіння – термічна обробка, при якій головним процесом є розкладання насиченого твердого розчину. Застосовують для збільшення надійності сплавів, які були піддані загартовуванню без поліморфного перетворення, за рахунок дисперсного твердіння. Розрізняють справжнє старіння, які здійснюється при температурі в 20 ° С в період тривалої витримки, та штучне старіння яке виконується при нагріванні до певної температури[5, 6].

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Характеристики об'єкта автоматизації.

Для характеристики об'єкта найбільш важливими є техніко - економічні показники та якісні. На техніко - економічні показники впливають:

- витрата газу;
- електрична потужність, що споживається встановленого електрообладнання.

На якісні показники сильно впливає:

- режим роботи пальників;
- алгоритм підтримки температурного режиму роботи.

Якість і точність підтримки температури і тиску визначає якість продукції, яка випускається і при оптимізації алгоритмів керування дозволяє значно економити газ і електрику.

Для певних процесів теплової обробки потрібні термічні печі газового типу. При цьому найпереконливішим аргументом є короткий час нагрівання внаслідок високої потужності.

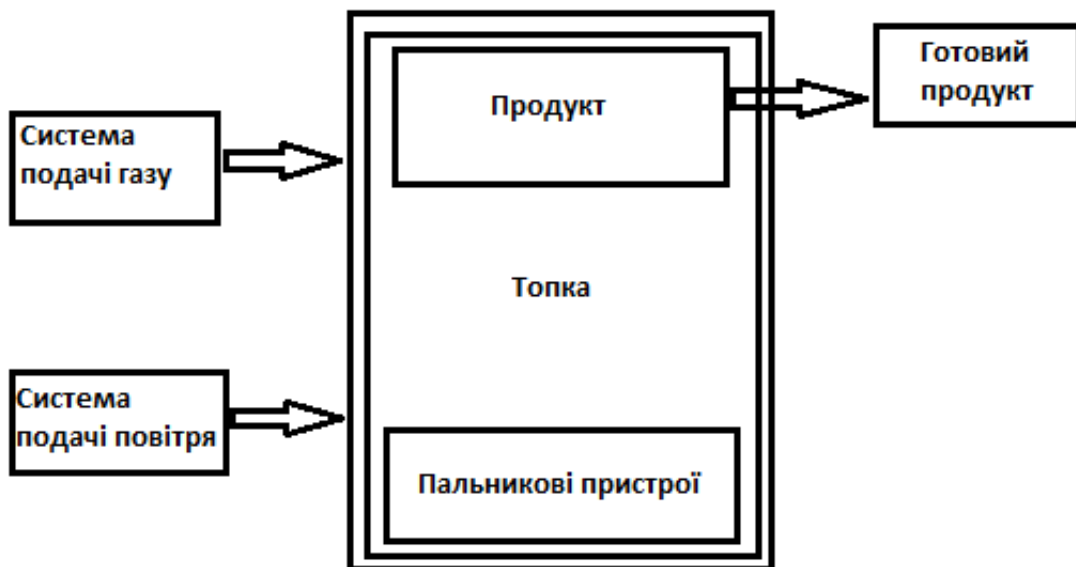


Рисунок 1.3 - Структурна схема термічної газової печі.

Система управління призначена для забезпечення працездатності об'єкта, збору результатів вимірювань і подання в необхідній формі, з використанням контрольно - вимірювальних приладів, органів управління і командно - виконавчих механізмів, програмно - технічних засобів, захисних блокувань та інших пристроїв, що входять до складу системи управління.

Система управління виконує функції :

- збору, обробки, зберігання та подання інформації про стан печі;
- подання інформації оперативному персоналу про хід роботи;

Система управління контролює:

- температуру в печі;
- тиск газу на вході;
- тиск повітря;
- тиск, розрідження в просторі печі;
- положення заслінки печі;
- наявність факела кожного з пальників.

Система управління здійснює автоматичне регулювання:

- температури в печі;
- тиску в печі.

Система управління забезпечує безпечну роботу устаткування:

- автоматичного розпалювання пальників;
- відключення пальників при відкритті заслінки печі;
- відключення подачі газу при зниженні тиску газу нижче допустимих мого;
- відключення подачі газу при зниженні тиску повітря нижче допустимого;
- відключення подачі газу на пальник при зникненні факела.

Система управління забезпечує візуалізацію і реєстрацію:

- уставок температури в печі;
- фактичної температури в печі;
- уставок тиску в печі;
- фактичного тиску в печі;
- тиску газу і повітря перед пальниками;
- стану пальників печі;

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структура комплексу технічних засобів системи управління включає 2 рівня управління:

- нижній рівень - локальні засоби контролю (датчики, первинні інорміруючі перетворювачі) і виконавчі механізми, встановлені на технологічному обладнанні;

- середній рівень - програмовані логічні контролери (ПЛК);

На нижньому рівні системи управління відбувається перетворення фізичних сигналів від датчиків в стандартний сигнал постійного струму (4 - 20мА), а також комутація силових ланцюгів виконавчих механізмів.

Середній рівень системи управління виконує наступні функції:

- збір інформації від датчиків і попередню її обробку (перевірку на достовірність, фільтрацію, усереднення);

- формування за заданими алгоритмами і передача на нижній рівень командних сигналів для виконавчих механізмів;

- передача в операторську станцію обробленої інформації від давачів і прийом від неї командних сигналів.

В обсяг проектування системи управління входить нижній і середній рівень системи управління.

Висновок: в даному розділі було представлено комп'ютерну моделі термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10х20х10/1100 та розглянуто наступні питання, а саме:

- 1) Класифікація термічних газових печей;
- 2) Технологічний процес обробки металів в термічній газовій печі;
- 3) Характеристики об'єкта автоматизації;

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ВИБІР КАНАЛІВ СИГНАЛІЗАЦІЇ, УПРАВЛІННЯ ТА БЛОКУВАННЯ

2.1 Автоматизація системи подачі газу та повітря.

Повітря на пальники подається за допомогою вентилятора радіального типу по трубопроводу повітря. В процесі подачі повітря на пальники відбувається попереднє очищення та фільтрація від можливих домішок. Для вимірювання витрати повітря, що надходить на пальники використовується витратомір вихрового типу, який буде підбиратися порівняльним шляхом в наступному розділі. . Давач буде встановлений в трубопроводі і подаватиме вихідний уніфікований сигнал на контролера, де сигнал програмно обробляється відповідно заданій програмі. Сигнал з витратоміра вихрового типу, який встановлений на трубопроводі повітря буде прирівнюватися у відповідному відношенні до сигналу з витратоміра ультразвукового типу, який розміщено на трубопроводі газу. В кінцевому результаті після обробки обох сигналів відповідною програмою, буде встановлено співвідношення газу до повітря та сформується сигнал керування, цей сигнал через RS -485 прямує до перетворювача частоти, який керує частотою напруги живлення двигуна вентилятора, змінюючи кількість подачі повітря.

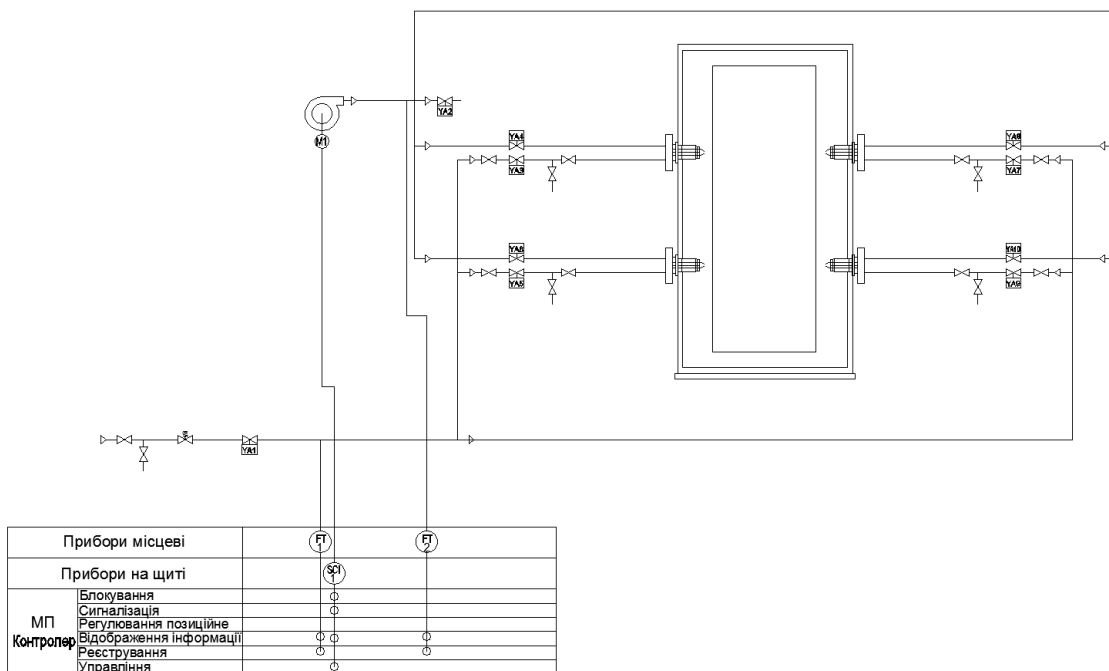


Рисунок 2.1 – Функціональна схема контуру регулювання подачі газ та повітря.

2.2 Автоматизація системи скидання надлишкового тиску.

Димові гази з камери печі видаляються через рекуперативні пальники завдяки роботи едукторів. Проте для надзвичайних ситуацій та для більшої універсальності установки було розроблено контур скидання надлишкового тиску. Тиск в печі вимірюється за допомогою тягонапороміра, який встановлено в камері печі. Тягонапоромір подає сигнал до контролера, де програмно обробляється відповідно заданій програмі. Керуючий сигнал відкриває електроклапан та надходить від контролера до частотного перетворювача через RS – 485. Цей сигнал керує частотою двигуна димососа, змінюючи кількість його обертів. В результаті цього кількість видалених відходів змінюється та встановлюється значення розрідження в печі відповідно заданій програмі і тим самим забезпечуючи оптимальні умови для теплообміну.

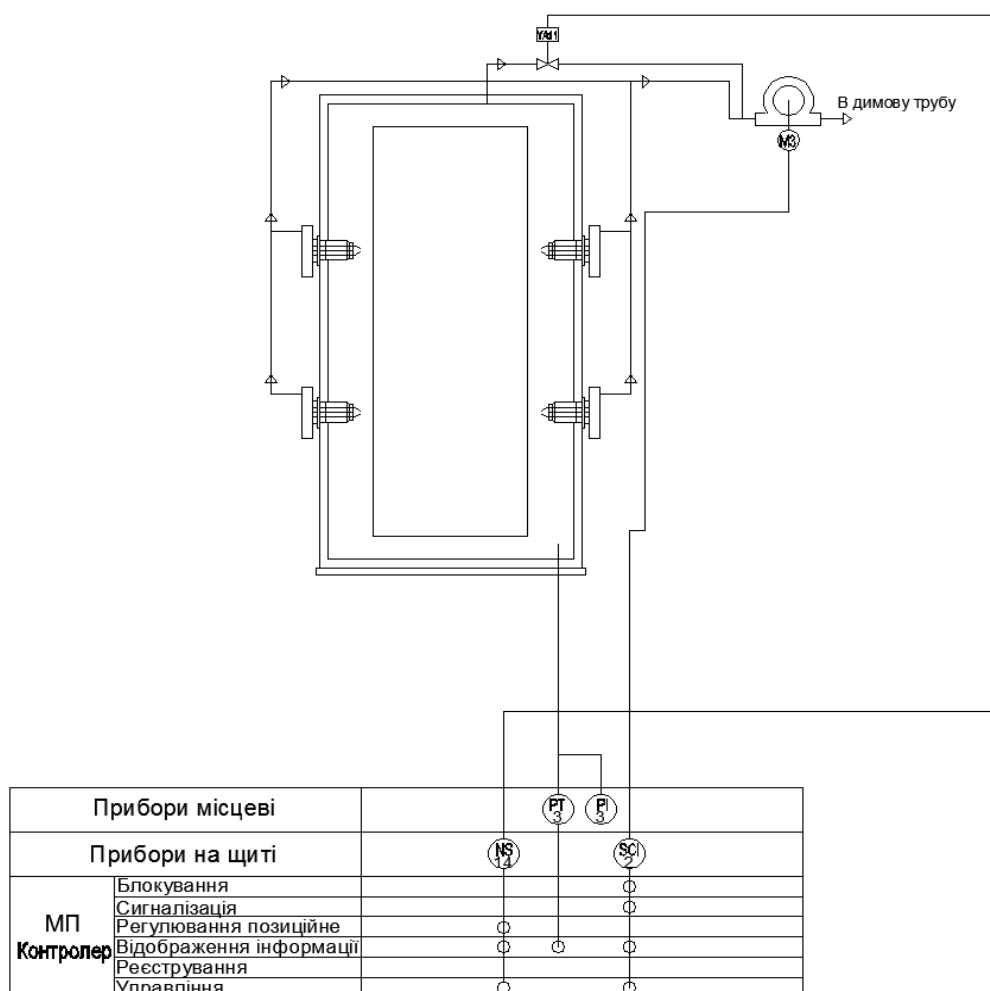


Рисунок 2.2 – Функціональна схема контуру скидання надлишкового тиску.

2.3 Автоматизація системи підпалювання пальника та контролю наявності факела.

Перед початком роботи здійснюється продувка пальника повітрям, потім за допомогою БУП відбувається автоматичне запалювання пальників. Сигнал, що несе в собі інформацію з БУП подається на контролер через RS – 485. У відповідності з заданою програмою сигнал з контролера надходить до БУП через RS – 485, який проводить розпалювання полум'я. Якщо раптом відбулося невдале запалювання, сигнал з давача полум'я, який встановлено в БУП подає інформацію на контролер. В свою чергу контролер видає керуючий дискретний сигнал, що подається до електромагнітного клапану, який закриває подачу газу в трубопровід. Потім відбувається повторна продувка сопла, та всі перелічені дії повторюються.

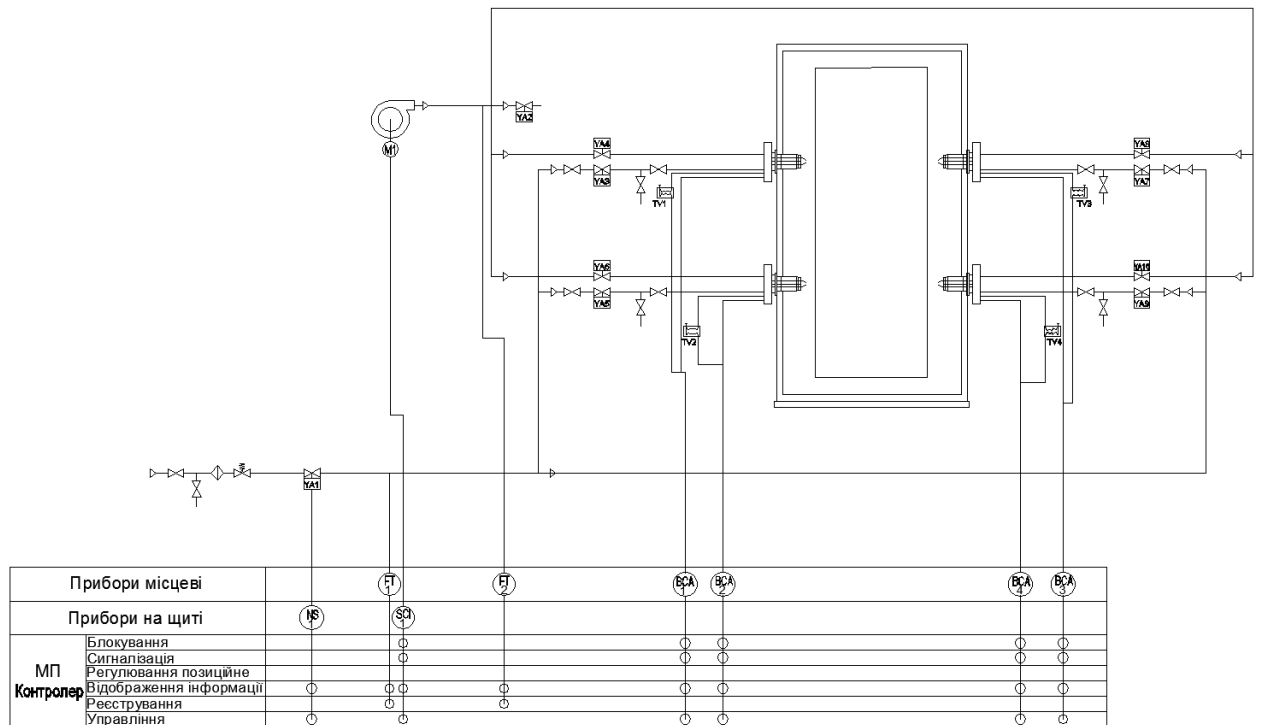


Рисунок 2.3 - Функціональна схема контуру підпалювання пальників та контролю наявності факела.

2.4 Автоматизація системи контролю за температурними показниками в камері печі.

Керування і вимірювання температури в камері печі здійснюється автоматично. Керування температури відбувається в стабілізаційному режимі, за рахунок цього

забезпечується подача газу та подача повітря до пальників печі. В камері печі встановлено термоелектричні перетворювачі, які обладнані перетворювачем сигналів, що мають уніфікований струмовий сигнал на виході (4 – 20 мА), цей сигнал надходить до контролера, де програмно обробляється відповідно заданій програмі. З контролера надходить керуючий сигнал (4- 20 мА), який подається через пускач на ВМ та змінює положення дросельного клапана, за рахунок цього відбувається керування подачею газу, та температурою в цілому.

За допомогою перетворювача сигналів, який встановлено в давачі сигнал змінюється в уніфікований, потім цей сигнал надходить до аналогового входу. Аналоговий вхідний модуль відразу змінює отриманий сигнал в цифрову форму і починається закон врегулювання. Потім сигнал через RS – 232 надходить на керуючий дисплей. Керуюча дія, що надійшла на дискретний вихід, перетворюється в струмову форму та потім подається на ВМ, який в свою чергу змінює положення дросельного клапана.

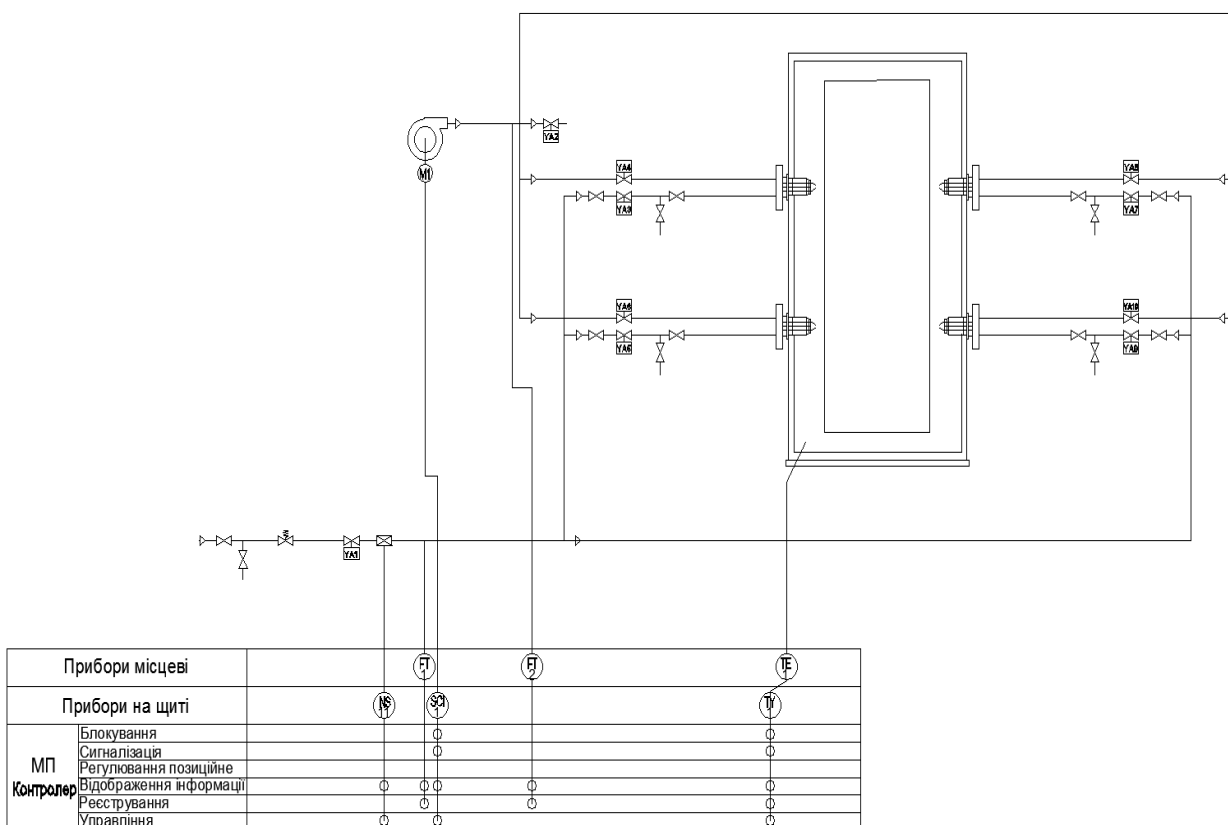


Рисунок 2.4 - Функціональна схема контуру контролю за температурними показниками в камері печі.

2.5 Автоматизація системи аварійного перекриття трубопроводу подачі газу.

Якщо з якихось технічних причин відбулося загасання одного з факелів то сигнал з БУП, через RS – 485 надсилає інформацію до контролера. В свою чергу контролер відповідно заданій програмі миттєво надсилає дискретний сигнал, що подається на

електромагнітний клапан, який перекриває подачу газу на пальник. Аварійна ситуація призводить до дії звукової сирени, а також відбувається відображення стану аварії на операторській панелі та Supervisory Control And Data Acquisition системі на ПК.

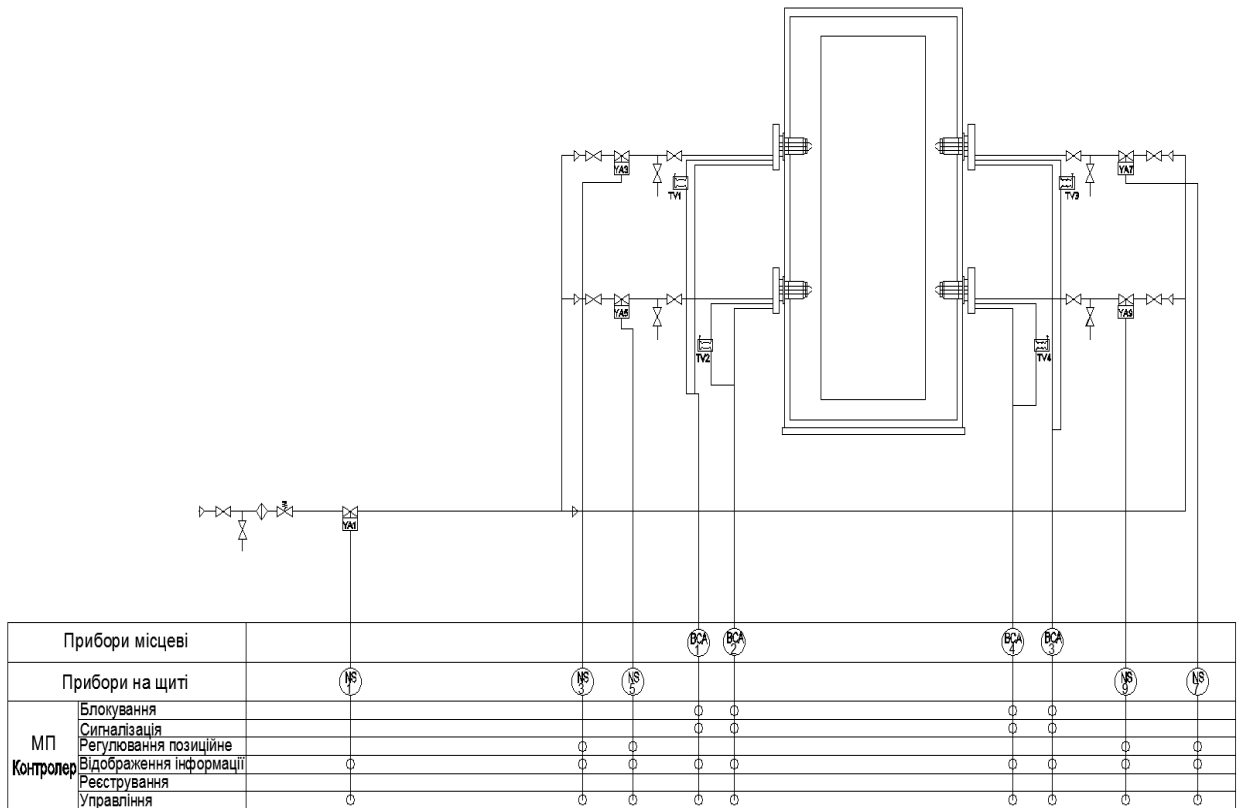


Рисунок 2.5 - Функціональна схема контуру аварійного перекриття трубопроводу подачі газу.

2.6 Автоматизація системи контуру регулювання пічної заслінки.

Регулювання положення заслінки відбувається за двома позиціями, за допомогою кінцевих вимикачів положення заслінки. Коли спрацьовує нижній вимикач, то починається

процес, який дозволяє системі працювати, в повному функціонуванні. У верхній частині стоїть два кінцевих вимикачі, на випадок якщо один вийде з ладу так як, газова піч є небезпечною установкою, а саме робота з тиском, та газом. Коли спрацьовують верхні вимикачі то система забороняє майже всі операції окрім контрольних (продувка пальників та інше). Також на лівій стінці на відстані 200 мм від верхньої стінки, та на відстані 200 мм від нижньої стінки, розміщені кінцеві вимикачі, які спрацювавши видають сигнал на контролер, який в свою чергу зменшує оберти двигуна, для того, щоб заслінка, на помірних швидкостях ставала в кінцеві положення, та не пошкодила конструкцію запірною механізму та всієї заслінки в цілому.

Також в даній СА присутні інформаційні контури:

- контур контролю температури розріджених газів після едукторів;
- контур контролю температури в димовій трубі;
- контур контролю тиску в трубопроводі повітря;
- контур контролю тиску в газопроводі;

Висновок: в даному розділі було розроблено контури керування а саме:

- 1) контур регулювання подачі газ та повітря;
- 2) контур скидання надлишкового тиску;
- 3) контур підпалювання пальників та контролю наявності факела;
- 4) контур контролю за температурними показниками в камері печі;
- 5) контур аварійного перекриття трубопроводу подачі газу;
- 6) контур регулювання пічної заслінки.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ЗАСОБІВ СИГНАЛІЗАЦІЇ, АВТОМАТИЗАЦІЇ, ЗАХИСТУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Вибір обладнання.

Система управління об'єктом є комплексом технічних засобів, до складу якого входять засоби автоматизації: датчі, первинні і нормуючі перетворювачі, допоміжна і функціональна апаратура з уніфікованими вхідними та вихідними сигналами, програмований логічний контролер.

3.1.1 Перетворювач термоелектричний ОВЕН ДТПХхх5М.І.

Перетворювач термоелектричний з вихідним сигналом 4 – 20 мА з комутаційною головкою.

Дані датчі використовуються для вимірювання і безперервного перетворення температури рідких, твердих, сипучих і газоподібних речовин у вихідний уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА [7].



Рисунок 3.1 - Перетворювач термоелектричний ОВЕН ДТПХхх5М.І.

До складу перетворювач термоелектричного входять:

- термозонд (первинний перетворювач) – перетворювач термоелектричний (ДТП) або термоперетворювач опору (ДТС);
- вимірювальний перетворювач НВТ-3.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання в складі пристрою мікропроцесорного перетворювача НВТ-3 дає можливість встановити через USB-інтерфейс бажаний діапазон виміру температури в межах діапазону вимірювання конкретного термозонда.

Технічні характеристики:

Діапазон температур, що вимірюються: $-40...+1250$ °С;

Похибка: $\pm 1,0$;

Матеріал захисної арматури сталь: Nicrobell D;

Діапазон вихідного струму $4...20$ мА;

Вид залежності «струм від температури»: лінійна;

Нелінійність перетворення не менше: $\pm 0,2$ %;

Розрядність цифро – аналогового перетворення не менше: 12 біт;

Номинальна статична характеристика (НСХ) - N (НН) ніхросил – нісил;

Максимальний допустимий опір навантаження (при напрузі живлення 36В): 1250 Ом;

Матеріал комутаційної головки пластмасова: пластмасова, металева;

Діапазон допустимої напруги живлення: $12...36$ В, (номинальна = 24 В);

Опір лінії зв'язку: не більше 100 Ом;

Час встановлення робочого режиму: не більше 30 хв;

Значення теплової інерції: $20...40$ с;

Виконання сенсора відносно корпусу: ізольований;

Номинальне значення опору навантаження (при напрузі живлення 24В): 500 Ом ± 5 %;

Тип нарізного штуцера: метрична або трубна нарізь;

Ступінь захисту: IP54 (виконання з пластмасовою комутаційною головкою), IP65 (виконання з металевою комутаційною головкою та ДТС125М).

3.1.2 Перетворювач термоелектричний ТППУ/1-0679-П.

Перетворювач ТППУ/1-0679-П використовується в багатьох галузях промисловості (хімічній, теплоенергетичній, металургійній) для вимірювання температури різних середовищ. Застосовується для роботи з рідкими, твердими, газоподібними середовищами також допускається до роботи з неагресивними, агресивними та сипучими середовищами, але за умови, що матеріал який контактує з різними вимірюваними середовищами корозійностійкий по відношенню до матеріалу, з якого виготовлено сам корпус давача[8].

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 - Перетворювач термоелектричний ТППУ/1-0679-П.

Технічні характеристики:

- лінія зв'язку має довжину, не більше – 500 м;
- діапазон допустимої напруги живлення: 12...36 В;
- вид залежності «струм від температури» : лінійна;
- максимальний допустимий опір навантаження: 500 Ом;
- номінальне значення напруги живлення: 24В;
- потужність не більше: 1,0 Вт
- робочий діапазон температури вимірювання: +300 ... +1300°С[9].

3.1.3 Давач тиску Aplisens PC-28.

Давач тиску PC-28 призначається для вимірювання розрідження, а також надлишкового та абсолютного тиску рідини, газу та пари.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд давача тиску Aplisens PC-28.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

1. Діапазон вимірювання тиску: від -0,1 до 100 МПа;
- 2) Мінімальне значення ширини діапазону 2.5 кПа;
- 3) Значення вихідного сигналу: 4 – 20 мА або 0-10 В;
- 4) Виконання іскробезпечне 0ExiaIICT6X.

П'єзорезистивна кремнієва монолітна структура є вимірювальним елементом даного давача тиску, ця структура вбудована в приймач тиску, «що відділено від вимірюваного середовища ароздільною мембраною та заповнений спеціальною манометричною рідиною.»

Калібрування та налагодження. «Користувач за допомогою потенціометрів має можливість коректування "нуля" і діапазону вимірювань перетворювача в межах до 10% без взаємодії налаштувань» [10].

За рахунок того, що перетворювач має невелику масу, він встановлюється безпосередньо на об'єкті. Якщо буде проводитися вимірювань тиску пари або інших гарячих середовищ необхідно використовувати імпульсну або сільфонну. За рахунок спеціального манометричного вентиля перед перетворювачем, значно полегшується монтаж також допомагає при обнулення, коректуванні нуля або при заміні перетворювача.

У разі замовлення перетворювача з різьбою відмінної від зазначених, пропонується перехідний штуцер. «З метою вимірювань рівня та тиску, що потребують спеціальних приєднань до вимірюваного процесу (хімічна, харчова промисловість і т.п.). Давач може бути оснащений одним з роздільників виробництва фірми «Aplisens» .

3.1.4 Давач тиску Aplisens PC-50.

Давач тиску PC - 50 призначається для вимірювання розрідження, а також надлишкового та абсолютного тиску рідини, газу та пари.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд датчик тиску Aplisens PC-50.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Ширина діапазону вимірювань тиску газу: від (0 ÷ 0,25) кПа до (0 ÷ 100) МПа;

- Будь - який стандарт вихідного сигналу;
- Широке застосування в професійній енергетиці.

П'єзорезистивна кремнієва монолітна структура є вимірювальним елементом даного давача тиску, ця структура вбудована в приймач тиску, «що відділено від вимірюваного середовища ароздільною мембраною та заповнений спеціальною манометричною рідиною.»

Налагодження та калібрування даного датчика повністю відповідає налагодженню та калібруванню датчика Aplisens PC-28, який був представлений раніше [11].

3.1.5 Перетворювач тиску ОВЕН ПД 150.

Перетворювач формує силові, інформаційні та керуючі сигнали на АУ. У паливних установках перетворювач тиску (тягонапоромір) ПД 150 забезпечує контроль в контурах регулювання подачі повітря та газу, тиску газів в димоході, тиску розрідження в топці.

У системах вентиляції та кондиціонування повітря перетворювач використовується для вимірювання та перепадів тиску з ціллю контролю ефективності роботи вентиляційних систем, а також контролю ступеня забрудненості повітряних фільтрів[12, 7].



Рисунок 3.5 - Перетворювач тиску ОВЕН ПД150.

									Арк
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Давач ОВЕН ПД 150 представляє собою манометр з двома силовими реле, та має вихідний сигнал 4 – 20 мА або RS – 485. Цей перетворювач має високоточний сенсор з відкритим кремнієвим кристалом, який дозволяє вимірювати тиск неагресивних до по відношенню до кремнію газів, а також димових та горючих.

ОВЕН ПД 150 працює в режимі Slave по протоколах Modbus ASCII і Modbus RTU.

За допомогою RS -485 можливе отримання значень тиску та температури сенсора, а також налагодження конфігурації перетворювача та параметрів роботи силових реле.

Технічні характеристики:

- номінальне значення напруги живлення: 24В, напруга живлення 20 – 60В;
- потужність, що споживається: 7,0 Ва;
- значення напруги живлення змінного струму: 90 – 263 В, номінальне значення 220В;
- Діапазон вимірювання тиску: 0,2 – 100,0 Па;
- Аналоговий вихід:

Схема підключення «струмова петля», 2- х дротова;

Тип сигналу – постійний струм 4 -20 мА;

Клас точності: 0,25, 0,5, 1,0. 1,5 відсотки від ВПІ;

Максимальний допустимий опір навантаження: 1000 Ом +/- 1%.

3.1.6 Перетворювач частоти Lenze 8200 SMD.

Даний перетворювач створений для задоволення найрізноманітніших потреб сучасного ринку частотних перетворювачів. Попит на даний перетворювач полягає в потребах управління за квадратичним або лінійним законом скалярного управління[13].

ЧП Lenze 8200 SMD відповідає стандартним вимогам:

- захист функцій;
- компактний дизайн;
- гальмування, розгін, реверсування;

Також цей перетворювач є найпростішим в налаштуванні параметрів.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.6 - Перетворювач частоти Lenze 8200 SMD.

Технічні характеристики:

- витримує перевантаження в 150% на протязі 60 секунд;
- дискретні виходи – 1 вихід релейного типу;
- дискретні входи – 1 Стоп/Старт та три дискретні;
- аналогові виходи – 1 аналоговий 0 – 20 VDC, 0 -10 VDC;
- аналоговий вхід - 1 програмований 4 -20 мА, 0 – 20 мА, 0 -10 VDC;
- інтерфейс RS – 485.

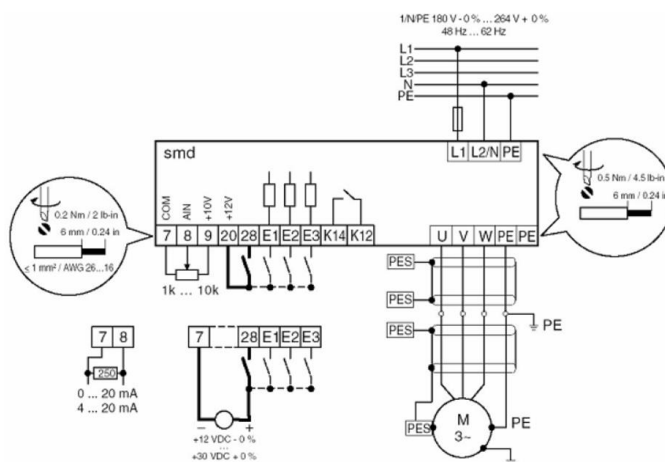


Рисунок 3.7 – Електрична схема підключення перетворювач частоти Lenze 8200 SMD.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-61.6.151.06.ПЗ

Арк

26

Параметричні значення:

- 2 режими уповільнення та розгону;
- незалежне налаштування часу зупинки та часу розгону;
- несуча частота 4 – 10 кГц;
- максимальна частота 240;
- ПІ – регулятор процесу;
- гальмування за допомогою постійного струму;
- потужність перетворювач частоти Lenze 8200 SMD – 1500 кВт;
- 3 фіксовані швидкості;
- аналогове завдання 0 -20 мА або 4 – 20 мА;
- фіксована швидкість (з реверсом).

3.1.7 Витратомір ультразвукового типу Daniel SeniorSonic 3414.

Чотирипромінний витратомір ультразвукового типу Daniel SeniorSonic 3414 переважний (користується великим попитом) у всьому світі для фіскального виміру. Зберігає перевірену хордову конструкцію, від британської компанії British Gas, що значно збільшує швидкість відбору за допомогою надзвичайно швидкої електроніки серії Daniel 3410. Цей надзвичайно потужний високопродуктивний вимірювач мінімізує похибку вимірювань, тим самим забезпечуючи швидке виявлення зміни динаміки потоку, таких як засмічення перед лічильником, рідкі вуглеводні та аномальні профілі потоку. Програмне забезпечення MeterLink відображає багатство прогнозуючих діагностик, що генерується лічильником, забезпечуючи експертний аналіз потоку, оповіщення про пропонувані коригувальні дії та перешкоди потоку, щоб своєчасно виявити перед виміром[14].

Технічні характеристики:

- точність: $\pm 0.05\%$ відносних значень по всьому діапазону калібрування потоку;
 - рідинного типу - газ;
 - рівні кутові швидкості: номінальна потужність до 100 кадрів в секунду (30 м / с) при перевищенні дальності більше 125 кадрів в секунду (38 м / с) на деяких розмірах;
 - точність повторюваності: $\pm 05\%$ від 5 до 100 кадрів в секунду (від 1,5 до 30,5 м / с);
- Діапазон робочого тиску:
- Т-21 / Т-22 перетворювач: 345 кПа;

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Т-21 / Т-22 перетворювач: від 689 до 27579 кПа;
- діапазон робочих температур:
- Т-21 датчика: від -20 ° С до + 100 ° С;
- Т-22 датчика: від -50 ° С до + 100 ° С;
- матеріали: вуглецева сталь і нержавіюча сталь.

Особливості:

- Вирішення проблеми швидкості з 3D видом профілю потоку, який вказує на перехресний потік, вихровий, турбулентність та асиметрію;
- Мінімізує похибку вимірювань шляхом виявлення перешкод потоку за допомогою надзвичайно швидкої електроніки серії Daniel 3410;
- Зменшити ручні помилки з автоматичними розрахунками AGA 8 стисливості і AGA 10 швидкості звуку;
- Отримання інтуїтивного уявлення про технічний стан лічильника і продовжити цикли калібрування, щоб зменшити час простою та витрати;
- Практично усуває поступове падіння тиску і знижує витрати на енергію з повним отвором;
- Польовий змінний трансформаторний модуль збільшує час роботи та спрощує технічне обслуговування;
- Підвищення ефективності роботи за допомогою збільшення пропускної спроможності та двонаправленого вимірювання потоку [15].



Рисунок 3.8 - Витратомір ультразвукового типу Daniel SeniorSonic 3414

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3.1.8 Витратомір вихрового типу Rosemount 8600D.

Представляючи фундаментальну технологію вимірювань, вихрові витратоміри Rosemount пропонують великий вибір різних опцій, які дозволяють вирішити будь - які технологічні завдання.

Вихровий витратомір Rosemount 8600 D підвищує надійність і знижує вартість монтажу шляхом зведення до мінімуму можливих місць витоків і усунення необхідності в імпульсних лініях[16].

Витратомір Rosemount 8600 D володіє такими технічними особливостями:

- простота установки;
- скорочення монтажних витрат;
- широкий діапазон вимірювань;
- підвищена надійність;
- потокові витратоміри дозволяють усунути використання імпульсних ліній;
- калібрування на місці експлуатації і установка на нуль не потрібні;
- випробувані на герметичність і налаштовані на заводі;
- додатковий вимір масової витрати за допомогою одного пристрою;
- проста діагностика;
- суцільнолита конструкція виключає можливість витоків.

Технологія вимірювання витрати за допомогою вихрового принципу забезпечує точність вимірювання в розширеному діапазоні значень витрати.



Рисунок 3.9 - Витратомір вихрового типу Rosemount 8600D.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

- 1) температура середовища застосування: -50 - +250 ° С;
- 2) типові розміри: 25 – 250 мм;
- 3) матеріал контактування з вимірюваним середовищем: нержавіюча сталь CF8М та CF3М;
- 4) Вихідний сигнал: 4 -20 мА з HARD, та масштабований імпульсний сигнал;
- 5) Похибка об'ємної витрати: +/- 0,75% для рідин, +/- 1% для газу та пари, +/- 5;
- 6) Похибка масової витрати: +/- 5% при використанні вбудованого датчика температури.

3.1.9 Блок управління пальником Kromschroder IFD 244.

БУП Kromschroder IFD 244 застосовується для управління газовими пальниками та виконує підпалювання та контроль пальників в періодичному режимі. Даний блок застосовується для пальників що, мають потужність до 350 кВт, та використовуються в виробництві сталі, скла, чавуна, кераміки та ін [17].



Рисунок 3.10 - Блок управління пальником Kromschroder IFD 244.

БУП Kromschroder IFD 244 володіє такими технічними особливостями:
- безперервне самостійне тестування для виявлення несправності;

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- велика кількість можливих варіантів встановлення за допомогою монтажних отворів;

- перезавантаження у випадку зникнення полум'я;

- відображення на дисплеї стану програми та інтенсивності сигналу полум'я.

Керування пальником увімкнено/вимкнено:

Газовий та повітряний клапан активуються одночасно. У випадку загасання полум'я під час запуску виконується миттєве аварійне вимкнення. У випадку зникнення полум'я під час роботи виконується автоматичне перезавантаження пальника.

3.1.10 Клапан газовий вибухозахищений ВН4М – 1КЕ.

Даний клапан використовується в СУ рідкими неагресивними середовищами та газовими потоками зріджених газів до 40 мм²/с. Застосовується як запірно – регулюючий орган. Клапан газовий вибухозахищений обладнаний рівнем захисту «підвищена надійність», даний клапан може використовуватися у вибухонебезпечних зонах. Електромагнітна котушка клапана підключається до мережі за допомогою кабеля, який залитий компаунтом[18].



Рисунок 3.11 - Клапан газовий вибухозахищений ВН4М – 1КЕ.

Ступінь захисту:

1) загальнопромислове використання - IP65;

2) вибухозахисне використання - IP67;

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кліматичне використання:

1) загально промислове використання -УХЛ2 (-60 ... + 40 ° С); У2 (-45 ... + 40 ° С),
УЗ.1 (-30 ... + 40 ° С);

2) вибухозахисне використання -УХЛ1 (-60 ... + 40 ° С); У2 (-45 ... + 40 ° С).

Струм, не більше:

1) для виконання 220 В - 150 мА;

2) для виконання 110 В - 300 мА;

3) для виконання 24 В - 1300 мА.

Корпус: алюмінієвий сплав АК120Ч, АК12ПЧ [18].

3.1.11 Дросельний клапан ДХ.

Дросельний клапан ДХ застосовується для регулювання потоку повітря та газу, що подається або відводиться до пальників, промислових термічних, нагрівальних печей та обпалювальних машин. Для АСУ клапан оснащений електроприводом (МЕП, МЕО або іншими електроприводами).

Дросельний клапан – призначений для холодного газу та повітря, з температурою до 100° С.

3.1.12 Давач - реле тиску Kromschroder DG50U – 3.

Датчик з діапазоном регулювання 2,5-50 мБар. Застосовується для газів, повітря і димових газів та має такі характеристики:

Характеристики Давача тиску Kromschroder DG50U-3:

- 1) Застосовується для газу і повітря;
- 2) Для контролю надлишкового, диференційованого тиску (тільки повітря) і тиску розрядження (тільки повітря);
- 3) Діапазон регулювання 2,5-50 мбар;
- 4) Діапазон спрацьовування 0,8-1,5 мбар;
- 5) Макс. робочий тиск 6000 Па.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.12 - Давач - реле тиску Kromschroder DG50U-3.

- Контроль тиску газу та повітря;
- Забезпечення безпеки при зниженні тиску газу та повітря;
- Можливість встановити межу спрацювання;
- Міжнародний допуск;
- Призначені для роботи з біогазом;
- Кнопка ручного деблокування (виконання Н і N);
- Особлива конструкція датчиків [19].

3.1.13 Давач - реле тиску Kromschroder DG 150U - 3.

Давач з діапазоном регулювання 30-150 мБар. Застосовується для газів, повітря і димових газів та має такі характеристики:

- Контроль тиску газу та повітря;
- Забезпечення безпеки при зниженні тиску газу та повітря;
- Можливість встановити межу спрацювання;
- Міжнародний допуск;
- Призначені для роботи з біогазом;
- Кнопка ручного деблокування (виконання Н і N);
- Особлива конструкція датчиків [19].

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.13 - Давач - реле тиску Kromschroder DG150U-3.

Характеристики Датчика - реле тиску Kromschroder DG150U - 3:

- 1) Застосовується для газу і повітря;
- 2) Для контролю надлишкового, диференційованого тиску (тільки повітря) і тиску розрядження (тільки повітря);
- 3) Діапазон регулювання 30-150 мбар;
- 4) Макс. робочий тиск 6000 Па.

3.1.14 Кінцевий вимикач положення заслінки ВПК-2112 БУ2.

Кінцевий вимикач положення заслінки ВПК-2112 БУ2 призначений для комутації електричних ланцюгів керування змінного струму напругою до 660В частотою 50Гц і постійного струму напругою до 440В під впливом керуючих упорів у певних точках шляху об'єкта, що контролюється [20].

Характеристики вимикача:

- 1) Номінальний струм – 10 А;
- 2) Мінімальний струм комутації: 0,05 А (при 24В), 0,2 А (при 12 В);
- 3) Застосовуються контакти з масою срібла:
 - для групи А: 0,544 гр;

										Арк
										34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- для групи Б: 0,378 гр.
- 4) Висота над рівнем моря не більше 4300 м;
 - 5) Робоча температура навколишнього середовища t °С: від -40 °С до + 70 °С [21];
 - 6) Комутаційна: зносостійкість циклів повинна бути не менше:
 - для групи А: 4млн;
 - для групи Б: 2млн.
 - 7) Габаритні розміри, мм: 108 x 63 x 48.



Рисунок 3.14 – Зовнішній вигляд кінцевий вимикач положення заслінки ВПК-2112 БУ2.

3.1.15 Рекуперативний пальник Resumat M250.

Конструкція рекуперативного пальника базується на вбудованому в пальнику рекуператора – теплообмінник. Димові гази видаляються з печі через сам пальник, а повітря, яке йде на горіння нагрівається, охолоджуючи димові гази.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

10) Межа забруднення повітря - 100 мг/м³.

Сфера застосування центробіжного вентилятора високого тиску «ВЦ 6-28 (ВР 120-28)»:

Вентилятори застосовуються в системах вентиляції та кондиціонування, а також для інших санітарно - технічних і виробничих цілей. Відцентрові вентилятори ВЦ 6-28 (ВР 120-28) застосовуються для подачі повітря в печі, вагранки, вентиляції глибоких шахт та зернових елеваторів, а також в установках пневматичного транспорту ежекційного типу і установках інших технологічних систем [23].



Рисунок 3.17 - Вентилятор радіального типу високого тиску серії «ВЦ 6-28 (ВР 120-28)» №8 з електричним двигуном АІР 200 L2.

Варіанти виготовлення відцентрових вентиляторів ВЦ 6-28 (ВР 120-28) №8:

- з вуглецевої сталі;
- з нержавіючої сталі (під замовлення);
- з різнорідних металів (під замовлення).

Принцип і пристрій роботи вентилятора відцентрового високого тиску серії «ВЦ 6-28 (ВР 120-28) №8» з електричним двигуном АІР 200 L2 45,0 кВт 3000 об. / хв:

Переміщення повітря відбувається за рахунок передачі йому енергії обертання робочого колеса вентилятора.

										Арк
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Електричний двигун асинхронний АІР 200 L2 45,0 кВт 3000 об. / хв. Електричний двигун АІР 200 L2 - промисловий асинхронний з короткозамкненим ротором трифазний двигун, призначений для роботи від мережі з частотою змінного струму 50 Гц напругою 220/380 В. У електричного двигуна АІР 200 L2 номінальна швидкість обертання 3000 обертів в хвилину. Розмір (висота осі обертання): 200 мм; діаметр вала: 55 мм; потужність в кВт: 45,0. Корпус двигунів АІР потужністю від 1,5 кВт відливається з сірого чавуну для надійності використання. Під замовлення двигун АІР 200 L2 може бути виготовлений з корпусом з силумінового сплаву.

3.1.17 Вентилятор радіальний жаростійкий з подовженим валом СЦ-140 (250 °С).

Вентилятор жаростійкий радіальний з подовженим валом призначений для організації системи примусової циркуляції повітря різних промислових печей, сушильних шаф, нагрівальних камер, і іншого термічного обладнання з робочою температурою до 250°С.

На відміну від стандартних вентиляторів в жаростійкого виконанні, має винесену на подовженому валу крильчатку, посилені підшипники. Це збільшує максимальну температуру експлуатації, а також забезпечує великий ресурс роботи двигуна вентилятора (двигуни стандартних вентиляторів в разі такого застосування перегріваються і виходять з ладу).

Робоче колесо з равликом встановлюється всередину димовивідної труби, двигун залишається повністю зовні завдяки подовженому валу. Після стикування з муфтою вал додатково балансується для виключення биття, вібрацій і забезпечення довгострокової роботи [24].

Характеристики Вентилятор радіальний жаростійкий з подовженим валом СЦ-140 (250 °С):

- 1) Частота обертання 1500 об/хв.;
- 2) Потужність 0.18 кВт;
- 3) Вага 12 кг;
- 4) Напруга 380 В;
- 5) Робоча температура до 250 °С;
- 6) Продуктивність 600 куб. м/год;
- 7) Тиск 200-300 Па.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.18 Електродвигун серії АІР100L4.

Електродвигун серії АІР100L4 - асинхронний трифазний мотор, що комплектується короткозамкненим ротором. Використовується в мережах з частотою 50 Гц для комутації зі стаціонарними машинами. Схема підключення двигуна трикутник або зірка в залежності від напруги мережі 220В або 380В. Ступінь пило - вологого захисту ІР55. Максимальна температура перегріву до +150 градусів Цельсія, яка відповідає класу ізоляції обмоток статора F [25].

Основні характеристики:

- 1) потужністю 4,0 кВт;
- 2) оберти 1500 об / хв;
- 3) напруга 220 / 380В;
- 4) ступінь захисту ІР 55;
- 5) частота мережі 50 Гц;
- 6) номінальний струм 8.8 А;
- 7) полюси 4 шт;
- 8) маса 37 кг;
- 9) тип двигуна загальнопромисловий [26, 27].



Рисунок 3.18 Електродвигун серії АІР100L4.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.19 Програмований логічний контролер.

Modicon M241 призначений для обладнання і високопродуктивних компактних машин з вбудованими функціями контролю швидкості та положення. Вбудований порт Ethernet з функціями FTP і web-сервера дозволяє легко інтегрувати ПЛК M241 в архітектури систем управління для віддаленого моніторингу та техобслуговування машин завдяки використанню програмних додатків для планшетів, смартфонів, комп'ютерів та ПК.

Логічний контролер Modicon M241 має кращий в своєму класі зв'язок з 5 вбудованими портами. Порти Ethernet дозволяють отримати необмежений доступ до вашого комп'ютера в будь - якому місці і в будь - який час, спрощуючи експлуатацію, за допомогою мобільних пристроїв [28].

«Потужна продуктивність в 22нс / інструкцію: 2х - ядерний процесор 333МГц, 64Мб RAM, 128Мб Flash, програма до 128 000 інструкцій. Максимальна конфігурація: до 488 дискретних входів \ виходів або до 114 аналогових каналів.» []

Технічні хаактеристики:

Ethernet порт RJ-45 (10/100 Мбіт / с MDI / MDIX) з протоколами Ethernet / IP (адаптер), Modbus TCP (Клієнт / Сервер), UDP, SNMP, TCP і SoMachine;

USB порт для програмування;

2 послідовних порти Modbus RTU Master / ASCII або Slave: SL1 з харчуванням 5В / 200мА для НМІ налаштовується в RS485 або RS232, SL2 налаштований на RS485;

CANopen master до 1 Мбіт / с з конфігуратором і бібліотеками інтегрованими в ПЗ (для моделей TM241CEC ...);

Модулі розширення безпеки (аварійні канали кінцевиків, датчиків, і кнопок);

Дві версії базового ПЛК Modicon M241 на 24 і 40 входів / виходів з розширенням по внутрішній шині дискретними і аналоговими входами / виходами;

Картриджі розширення аналогових входів \ виходів і додатків вбудовуються в корпус базового ПЛК;

Модулі комунікації Ethernet (до 4х портів додатково), Profibus DP Slave;

Веб і FTP сервер, веб-візуалізація, DHCP-сервер

8 швидких входів (HSC) високошвидкісні лічильники 200 кГц і 4 швидких виходу (PTO, PWM, FG) до 100кГц

SD карта пам'яті (до 256Мб) для резервного копіювання та перенесення додатків, оновлення прошивки, реєстрації даних.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидка і проста конфігурація:

Модулі пускача двигуна Tesys SoLink (управління пускорегулюючими апаратами по мережі);

Розширена лінійка аналогових і дискретних модулів (розширення по внутрішній шині до 14 модулів ТМЗ);

Вбудований ПД-регулятор і бібліотеки управління переміщенням, підйомно - транспортним та пакувальним обладнанням;

Ethernet і Profibus.

Інтуїтивно зрозуміле ПЗ EcoStruxure Machine Expert (раніше SoMachine) скорочує час розробки для контролерів MachineStruxure:

Єдина середовище програмування для кожної складової вашої машини: стандартні і безпечні логічні схеми, дизайн руху і НМІ конфігурація

Завантаження програм на всі пристрої в один клік

Скорочення часу проектування завдяки заздалегідь визначеним шаблонам і функціональним блокам

Інтуїтивно зрозуміле програмування в ПО SoMachine

Технологія EcoStruxure Machine Expert (SoMachine) на базі CoDeSys є однією з найсучасніших і найпотужніших концепцій на ринку.



Рисунок 3.19 - Modicon M241.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК154.

Програмовані логічні контролери ОВЕН ПЛК виконані на базі безкоштовної середовища CoDeSys;

Контролери ОВЕН ПЛК мають високу програмну та апаратну надійність, володіють високою продуктивністю, мають великий обсяг внутрішньої пам'яті (8 Мб).

Прилад випускається в корпусі на DIN-рейку.

Основні характеристики програмованих логічних контролерів ОВЕН ПЛК:

Надійне середовище програмування CODESYS поставляється безкоштовно, CD з дистрибутивом входить в комплект поставки;

Підтримка протоколів Modbus-RTU, ОВЕН, Modbus-ASCII, Modbus-TCP, DCON, GateWay ;

Вбудовані інтерфейси Ethernet 10/100 Mbps, RS-232, RS-485, USB-Host, USB-Device;

Всі дискретні виходи можуть бути налаштовані на генерацію ШІМ-сигналу з високою точністю;

Всі дискретні входи (10 кГц) можуть функціонувати в режимі імпульсного лічильника, енкодера або тригера;

Безкоштовна бібліотека функціональних блоків.

ОВЕН ПЛК154 - програмований логічний контролер з дискретними і аналоговими входами і виходами:

- 4 дискретних входу;
- 4 аналогових входу (універсальних);
- 4 дискретних виходи (e / м реле);
- 4 аналогових виходу (4 ... 20 мА, 0 ... 10 В або універсальних 0 ... 10 В / 4 ... 20 мА).



Рисунок 3.20 - ОВЕН ПЛК154.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Проаналізувавши вище перелічені характеристики обох програмованих логічних контролерів, можна прийти до висновку, що для даної системи автоматизації можна використати будь-який із приведених вище контролерів, але з точки розу більшої універсальності, та кількості вхідних та вихідних портів, що в свою чергу не призведе до додаткових затрат на вхідні/вихідні модулі, в даній роботі буде використано ПЛК Modicon M241 фірми Schneider Electric. Даний ПЛК дещо дорожчий від ОВЕН 154, проте, та кількість переваг які описані вище дають можливість зрозуміти, що ці затрати обумовлені відповідними характеристиками.

3.1.20 TFT дисплей Weintek MT-8071iE.

MT8071iE - сенсорна графічна операторська панель (панель оператора) для систем автоматизації підвищеної продуктивності в ультратонкому корпусі. Панель має високу швидкість отримання та передачі даних і відтворення об'єктів інтерактивного графічного дисплею. Ультратонкі покоління високопродуктивного людино - машинного інтерфейсу зі збільшеною швидкістю обробки і передачі даних в системі, поліпшеними характеристиками графічного дисплея і подвійною ізоляцією з RS 485.



Рисунок 3.21 – Зовнішній вигляд TFT дисплей Weintek MT-8071iE.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Панель оператора MT-8071iE виробництва Weintek має:

- Кольоровий TFT сенсорний екран 7 ", розширення 800x480;
- 32-бітний процесор RISC 600MHz, RAM DDR 128Mb, DOM 128Mb onBoard;
- 2 x COM-порту, інтерфейси RS-485, 1 x COM-порт, інтерфейс RS-232, USB2.0 а також 1 x 10/100 Ethernet (Base-T);
- Захист IP65 по передній панелі, живлення 24VDC;
- Безкоштовне програмне забезпечення EasyBuilderPro V4.10.04 [29, 30].

Комунікаційні можливості операторської панелі MT8071iE реалізовані за допомогою 2-х COM-портів з подвійною ізоляцією інтерфейсів RS-485, 1-го COM-порту RS-232, мережевого порту Ethernet 10/100 Base-T і шини USB2.0. Великий список сумісних контролерів і зовнішніх пристроїв забезпечує універсальність використання панелей оператора MT8071iE.

Сукупність усіх вищенаведених характеристик і переваг операторської панелі MT8071iE, дозволяє рекомендувати дану панель для використання в автоматизованих системах контролю та управління, як продуктивне, надійне і недороге рішення.

3.2 Організація каналу зв'язку.

Industrial Ethernet пропонує потужну і ефективну мережу для промисловості відповідно до стандарту IEEE 802.3 (ETHERNET) і 802.11 (Wireless LAN).

Ethernet - базова технологія для Інтернету. Різні варіанти, такі як Intranet, Extranet і Internet, які доступні зараз в офісних варіанти, можуть бути і застосовані в області промисловості. [31]

Ethernet зараз займає понад 80% мережевого ринку і існує тенденція до зростання.

Ethernet має важливі характеристики, які висувають його на перше місце:

- Відповідає міжнародному стандарту IEEE 802.3 (Ethernet), розробленим для промисловості;
- З'єднання компонентів автоматизації з персональними комп'ютерами і бездротовими вузлами в гомогенні і гетерогенні комунікації;
- Застосування відкритих мережевих легко розширюваних рішень;
- Високопродуктивні комунікації;
- Industrial Ethernet як визнаний міжнародний стандарт в промисловості;

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Основи для технології IT в промисловості;
- Рішення на базі технологій Web, E-mail і WAN з'єднань;
- Реалізація бездротових мереж (WLAN).

3.3 Програмне забезпечення.

Це програмне рішення для OEM - виробників, яке забезпечує розробку, налаштування та введення в експлуатацію всієї системи автоматизації в єдиному програмному середовищі, в тому управління рухом, числі логіку, людино - машинний інтерфейс, а також мережеві функції автоматизації. Платформа Schneider Electric SoMachine також слугує для програмування і введення в експлуатацію кожного елемента гнучкого і масштабованого забезпечення цієї ж компанії. Крім усього сказаного це ще й вигідну пропозицію для компаній, які займаються виготовленням комплексного обладнання, яке сприяє оптимальному виконанню всіх вимог, що пред'являються до обладнання промислового типу[32, 33].

SoMachine включає в себе 2 основних компоненти - середовище для написання коду для контролерів і середовище для створення інтерфейсу панелей оператора. Все це виглядає і працює як єдиний пакет з можливістю швидкого розшарювання змінних між контролером і панеллю, графічним конфігуратором проекту, OPC-сервером і величезної бібліотекою готових до елементів використанню від Schneider Electric.

Загальна програмне середовище: 1 програмне забезпечення, 1 файл проекту, 1 з'єднання, 1 завантаження.

Зменшення загальної вартості машинного обладнання за рахунок використання єдиного середовища:

- Єдиної ПО для контролерів, ЧМІ і віддалених пристроїв;
- Установка всіх компонентів за один крок;
- Досить один раз підключити кабель і виконати завантаження одним клацанням;
- Прозорий доступ до мережевих пристроїв.

Висновок : В даному розділі було проведено вибір засобів автоматизації, сигналізації, блокування та програмного забезпечення для системи автоматизації термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10x20x10/1100. Було проведено детальний опис кожного датчика, контролера та інших засобів автоматизації.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено та досліджено систему автоматичного управління термічною нагрівальною газовою піччю моделі ТДОМ-10x20x10/1100. Система, яка була розроблена в ході виконання дипломного проекту, дозволяє відпрацьовувати будь – який складний режим термообробки виробів.

1) В дипломному проекті було розроблено наступні контури керування:

- контур контролю за температурними показниками в камері печі;
- контур регулювання подачі газ та повітря;
- контур скидання надлишкового тиску;
- контур аварійного перекриття трубопроводу подачі газу;
- контур підпалювання пальників та контролю наявності факела;
-) контур регулювання пічної заслінки.

Також були розроблені інформаційні контури.

2) Розроблено функціональну схему автоматизації, яка забезпечує підтримку технологічних режимів процесу обробки металевих виробів. На основі аналізу функціональної схеми автоматизації розглянуті можливі варіанти використання засобів автоматизації і побудови каналів зв'язку для забезпечення дистанційного управління термічною нагрівальною газовою піччю моделі ТДОМ-10x20x10/1100.

3) Для системи підбрано сумісні (конкретні) датчики, виконавчі механізми та програмований логічний контролер.

4) Обрано найпопулярніший в світі програмне середовище CoDeSys для прикладного програмування ПЛК та вбудованих контролерів, яке розроблене фірмою 3S-Smart Software Solutions GmbH, для програмування обраного програмованого логічного контролера ОВЕН 154 .

Проаналізувавши все вище сказане можна прийти до висновку, що в дипломному проекті було розроблено та вдосконалено автоматичну систему функціонування термічної нагрівальної газової печі моделі ТДОМ-10x20x10/1100. Було проведено розробку та аналіз контурів управління та обрано сучасні засоби автоматизації, з урахуванням об'єктних особливостей установки та умов її експлуатації.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Соснин О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств [Текст] / Соснин О.М. – М.: Академия, 2007. — 240 с.
- 2) Gaba R., Gaba A., Mathematical model and computation program of the chamber furnace of boilers for air pollution reduction, Environmental Engineering and Management Journal March 2016, Vol.11, No. 3, pp. 557-565.
- 3) В.Л.Гусовский, М.Г.Ладычигев, А.Б.Усачев. Современные нагревательные и термические печи. Справочник. М.: Теплотехник, 2007. – 657 с.
- 4) Богданов Р.А. Автоматизация литейных печей: Учебное пособие.- учебное пособие. – Издательство Брянского Государственного Технического Университета, 2012. 138 с.
- 5) Теплотехнические установки, системы, оборудование. Учебн. пособие : в 3 ч./ Под ред. Б.А.Левченко, Л.Л.Товажнянского. – Х.: НТУ «ХПИ», 2015. – 728 с. Т.3.
- 6) Rothman, L.S. HITEMP, the high-temperature molecular spectroscopic database / L.S. Rothman, I.E. Gordon, R.J. Barber, H. Dothe, R.R. Gamache, A. Goldman, V.I. Perevalov, S.A. Tashkun, J. Tennyson // Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer. –2015. –Vol. 111. –pp. 2139-2150.
- 7) Каталог продукції Овен - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://owen.ua/uploads/92/catalog_2018-2019.pdf
- 8) Відомість про Термоелектричні перетворювачі ТППУ/1-0679-ПП – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.teploautomatica.ru/sites/default/files/device_files/rukovodstvo_po_ekspluatacii.pdf
- 9) F. Lawayeb, D. Dumur, A. Mouchette, X.M. Nguyen, P. Rodriguez-Ayerbe. Temperature control of reheating furnace based on distributed model predictivecontrol. 2014. Cited on page 14.
- 10) Відомість про Давач тиску Aplisens PC-28 I - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://aplisens.com.ua/data/pdfs/PC-28.pdf>
- 11) Відомість про Давач тиску Aplisens PC-50 I - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://aplisens.com.ua/data/pdfs/PC-50.pdf>
- 12) Антонетти, П. МОП-БИС. Моделирование элементов и технологических процессов / П. Антонетти, Д. Антониадис, Р. Даттон, и др.. - М.: Радио и связь, 2016. - 496 с.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13) Відомість про Частотний перетворювач Lenze 8200 SMD - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.lenze.org.ua/pdf/manual_8200smd_rus.pdf

14) Відомість про Ультразвуковий витратомір газу Daniel SeniorSonic 3414 - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.emerson.com/documents/automation.pdf>

15) Романова, И. К. Методы теории оптимального управления в проектировании технических систем : учебное пособие / - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. — 150 с.

16) Відомість про Вихрові витратоміри Rosemount 8600D - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://rashodomery.pro/upload/iblock/ff5/ff546bccb2a6477096c31b0ea9d91222.pdf>

17) Відомість про Automatic burner control unit IFD 244 - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://docuthek.kromschroeder.com/documents/download.php?lang=de&doc=49339>

18) Відомість про Фланцевий газовий вибухозахищений клапан ВН4М-1КЕ - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://termobrest.ru/sitefiles/1/83/613/670/03_alumin_valves_motors_ex.pdf

19) Відомість про Давачі тиску DG Kromschroeder для газу - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://armakip.com.ua/uploads/kromschroeder/ti_dg.pdf

20) Відомість про Кінцевий вимикач положення заслінки ВПК-2112 БУ2 - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://standart-m.com.ua/kipia/raznoe/vpk-2112-bu2>

21) Відомість про Рекуператорний пальник Resumat M250 - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.irimex.ru/files/catrubs/files/10090/rekumat_m250_120_240.pdf

22) Автоматизация производственных процессов в машиностроении. – М.: Высшая школа, 2015. 416 с.

23) Відомість про Вентилятор радіального типу високого тиску серії ВЦ 6-28 (ВР 120-28) №8 з електричним двигуном АІР 200 L2. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://v.tdc.ua/content/view/5978#tech>

24) Відомість про Вентилятор радіальний жаростійкий з подовженим валом СЦ-140 (250 °С). - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<http://www.arfitek.ru/shop/219/1000/Ventilyator-radialnyy-zharostoykiy-s-udlinennym-valom-SC-140--250S--018-kVt-1500-obmin-600-m3chas>

25) Відомість про Електродвигун серії AIP100L4. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://systemax.ua/air-katalog.pdf>

26) Толбатов А.В. Инновационная наука, образование, производство и транспорт: Техника и технологии : монография / [авт.кол. : Верховлюк А.М., Иванова Т.Н., Копей Б.В., Толбатов В.А., Толбатов А.В. и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 223 с.

27) Автоматизация производственных процессов в машиностроении. - М.: Высшая школа, 2015. - 416 с.

28) Иванов, В. А, Ющенко, А. С. Теория дискретных систем автоматического управления: учебное пособие / В. А. Иванов, А. С. Ющенко. — 2-е изд., доп. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. — 348 с.

29) Відомість про TFT дисплей Weintek MT-8071iE . - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.weintek.com.ua/webfm_send/552

30) Control Technology, I/O Systems and Automation Infrastructure 2013/2104 - Phoenix Contact GmbH, Germany, №8, 2014. – 560pp.

31) Відомість про Industrial Ethernet . - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://tekhar.com/Programma/Siemens/Simatic/Controllers/PDF_all/ethernet.pdf

32) Відомість про Програмне забезпечення Schneider Electric. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.kipshop.ru/SchneiderElectric/steps/SchneiderElectric_v23_ru.pdf

33) Y. Hu, C. Tan, J. Broughton, P. Roach, L. Varga, Model-based multi-objective optimisation of reheating furnace operations using genetic algorithm, in: 9th Int. Conf. Appl. Energy, Cardiff, UK, 21-24 August, 2017.

					СУ-61.6.151.06.ПЗ	Арк
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		