

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра автоматизованого управління Технологічними процесами
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

перший (бакалаврський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Проект автоматизації модельної морфальної
печи штовхального типу в умовах цеху М4 ТрАТ «Інтеграл»
Система автоматизованого регулювання температури у
робочому просторі

Виконав: студент 4 курсу, групи АКІТ-18-1-50
спеціальності 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(назва освітньої програми)

С.С. Артамонов
(ініціали та прізвище)

Керівник доц. К.Т.М. Овчаренко І.А
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент заст. директора СВ «Альтера -
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя» Крам О.І.

Запоріжжя 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
 ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Автоматизація та управління технологічними процесами
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Спеціальність 159 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
 (код та назва)
 Спеціалізація _____
 (код та назва)
 Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Проф. Погук Р. Ю.

« _____ » _____ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Арталокова Сергія Сергійовича
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проект автоматизації мультимедійної нагрівальної печі шматового типу в умовах цеху МЧ ПрАТ «Інтерфрім» Система автоматичного регулювання температури у робочому просторі керівник роботи Овчинникова І.А. к.т.н., доцент.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « _____ » _____ 20 _____ року № _____

2 Строк подання студентом роботи 15.06.2022р.

3 Вихідні дані до роботи технічна документація з підприємства, технологічні інструкції, графічна документація

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) характеристика та структура підприємства, особливості технологічного процесу, розробка технічного завдання

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

схема інформаційних потоків, функціональна схема автоматизації, принципи електричних схем, загальний вигляд цеху, план з'єднано-комунікаційна схема, схема зв'язків з'єднання техніко-економічне обґрунтування проекту.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доц. Овсеникєва І. А.	<i>Овсеникєва</i>	<i>Овсеникєва</i>
2	доц. Овсеникєва І. А.	<i>Овсеникєва</i>	<i>Овсеникєва</i>
3	доц. Овсеникєва І. А.	<i>Овсеникєва</i>	<i>Овсеникєва</i>
4	доц. Овсеникєва І. А.	<i>Овсеникєва</i>	<i>Овсеникєва</i>
5	доц. Овсеникєва І. А.	<i>Овсеникєва</i>	<i>Овсеникєва</i>
6	доц. Овсеникєва І. А.	<i>Овсеникєва</i>	<i>Овсеникєва</i>
7	доц. Овсеникєва І. А.	<i>Овсеникєва</i>	<i>Овсеникєва</i>
8	доц. Овсеникєва І. А.	<i>Овсеникєва</i>	<i>Овсеникєва</i>

7 Дата видачі завдання 25.04.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми досліджень технологічного процесу	07.05.22	всі етапи
2	Розробка технологічного завдання	08.05.22	всі етапи
3	Проектування системи оптимізації	15.05.22	всі етапи
4	Розробка заловної специфікації	20.05.22	всі етапи
5	Розробка кресель проекту.	05.06.22	всі етапи
6	Розробка техніко-економічних показників	05.06.22	всі етапи
7	Розробка розділу техніки безпеки	12.06.22	всі етапи
8	Підготовка презентації і доповіді	20.06.22	всі етапи

Студент

Артасмоков
(підпис)

С.В. Артасмоков
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

Овсеникєва
(підпис)

І.А. Овсеникєва
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

Овсеникєва
(підпис)

І.А. Овсеникєва
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

На пояснювальну записку кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Проект автоматизації муфельної нагрівальної печі штовхаючого типу в умовах цеху №4 ПрАТ «Укрграфіт» Система автоматичного регулювання температури у робочому просторі», яка включає 86 стор. машинописного тексту, 16 рис., 7 табл., 42 найменування переліку використаних джерел. Метою роботи є розробка системи автоматизації муфельної нагрівальної печі штовхаючого типу. У загальній частині дана характеристика підприємства ПрАТ «Укрграфіт», а також описаний технологічний процес обробки графітових виробів. Розглянуто існуючий рівень автоматизації і сформульовано завдання на проектування системи управління технологічним процесом. У спеціальній частині розроблена функціональна схема автоматизації, вибрані технічні засоби автоматизації, приведені основні розрахунки. Розрахована принципова електрична схема, принципова електрична схема живлення, монтажна комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань і спроектовано щит КВПіА. Виконана проектна оцінка надійності САР. У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів на території ПрАТ «Укрграфіт», розроблені заходи щодо їх запобігання. В економічній і організаційній частині проведений розрахунок необхідної кількості робочого і обслуговуючого персоналу. Виконано розрахунок собівартості і економічного ефекту від впровадження системи автоматизації.

МУФІЛЬНА ПІЧ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПРОЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ,
КОНТРОЛЕР, ЩИТ, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА, МЕТРОЛОГІЧНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Характеристика та структура підприємства	9
1.1 Характеристика підприємства	9
1.2 Виробнича структура підприємства	10
1.3 Організаційна структура підприємства	12
1.4 Основні завдання, функції та організаційна структура відділу	
АСУТП	13
2 Особливості технологічного процесу	17
2.1 Особливості технологічного процесу термічної обробки виробів у мідельній печі	17
2.2 Характеристики агрегату та принцип його роботи	18
2.3 Принципи управління технологічним процесом	23
2.4 Опис технологічних параметрів	26
3 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	29
3.1 Вимоги до структури системи та функціонування системи	29
3.2 Вимоги до численності та кваліфікації персоналу системи	29
3.3 Вимоги до надійності системи	30
3.4 Вимоги до показників безпеки	30
3.5 Вимоги по ергономіці і технічній естетиці	31
3.6 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження компонентів системи	31
3.7 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу	32
3.8 Вимоги до збереження інформації при аваріях	33
3.9 Вимоги до патентної чистоти	33
3.10 Вимоги по стандартизації та уніфікації	33
3.11 Додаткові вимоги	34
3.12 Вимоги до представлення керуючих функцій	34

3.13	Вимоги до протиаварійних функцій	34
3.14	Вимоги до інформаційного забезпечення	35
3.15	Вимоги до лінгвістичного забезпечення	36
3.16	Вимоги до програмного забезпечення	36
3.17	Вимоги до організаційного забезпечення	36
3.18.	Вимоги до технічного забезпечення АСУ	37
3.19	Вимоги до метрологічних характеристик вимірювальних каналів	38
4	Автоматизація технологічного процесу	39
4.1	Призначення та принцип роботи АСУТП	39
4.2	Структурна схема систем автоматизації	41
4.3	Використання технічних засобів у системі автоматизації	42
5	Використання приладів та засобів автоматизації	43
5.1	Використання первинних перетворювачів	43
5.2	Промислові контролери. Проектне компонування контролера Modicon TX Quantum	48
5.3	Використання виконавчих механізмів та регулювальних органів	52
5.4	Програмне забезпечення систем автоматизованого управління	64
6	Розробка технічної документації	65
6.1	Функціональна схема автоматизації	65
6.2	Принципова електрична схема системи автоматичного регулювання температури в робочому просторі	68
6.3	Принципова електрична схема живлення автоматичного регулювання температури в робочому просторі	68
6.4	Монтажна комутаційна схема	69
6.5	Зовнішній вид щита	69
6.6	Схема зовнішніх з'єднань	70
7	Техніка безпеки та охорони праці	71

7.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	71
7.2 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)	74
7.3 Електробезпека	75
7.4 Пожежна та техногенна безпека	76
8 Техніко-економічні показники виробництва	79
Висновки	81
Перелік використаних джерел	83

ВСТУП

Ефективне управління складом є однією з ключових логістичних завдань компаній різних сфер діяльності. Для компаній автоматизація складу є першочерговим завданням. Для них система управління складом - це інструмент для надання кожному клієнту найвищого рівня сервісу виходячи з його індивідуальних вимог, а також конкурентоспроможних цін на послуги. За допомогою автоматизації складу роздрібною мережі можна домогтися високої оборотності складу, здійснювати швидку комплектацію партій товару, відвантаження їх споживачам. Для дистриб'юторської компанії автоматизація складу дозволяє здійснювати бездоганне управління складом для досягнення і підтримки конкурентних переваг в роботі з роздрібними операторами і кінцевими користувачами. Автоматизація багатокомпонентного складу за допомогою системи управління складом дозволяє істотно скоротити час виконання операцій, зменшити їх вартість, скоротити кількість помилок, поліпшити якість обслуговування клієнтів, підвищити продуктивність роботи персоналу, зменшити витрати зберігання товарів, тобто здійснювати максимально ефективно управління складом. Зростаюча популярність систем управління складом обумовлена тим, що професійні і адаптивні рішення, в залежності від класифікації та комплектації, забезпечують оптимізацію всіх складських процесів в наскрізному режимі (приймання, розміщення, зберігання, комплектація вантажів і багато іншого), а також контроль роботи персоналу, техніки, складського обладнання. Можливість контролювати операції, планувати їх в автоматизованому режимі і здійснювати оперативне управління централізовано - серйозна перевага, що дозволяє скоротити витрати і підвищити якість роботи, що визначає конкурентоспроможність компанії

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Характеристика підприємства

ПрАТ «Укрграфіт» – єдиний в Україні виробник графітованих електродів для електричних сталеплавильних, рудно-термічних та ін. видів електричних печей, а також футерувальних вогнетривких матеріалів на основі вуглецю.

ПрАТ «Український графіт» – сучасне підприємство з високим рівнем механізації та автоматизації виробництва. Введення автоматизації на виробництві – дозволило значно підвищити ефективність праці та якість кінцевої продукції, зменшити кількість робітників, залучених до виконання важких промислових робіт.

На сьогоднішній день, «Український графіт» є одним з передових підприємств світу, що працюють у напрямках випуску високо-якісної вуглецевої продукції для металургійних галузей промисловості.

Підприємство виробляє продукцію за такими напрямками:

- графітовані електроди різних видів та розмірів для над-потужних сталеплавильних печей. Випускаються електроди діаметрами від 100 до 700 мм, при цьому починаючи з діаметру 300 мм – при виробництві використовують високоякісний кокс з Японії, Англії та США;

- вуглецеві катодні маси для алюмінієвих електролізерів довжиною від 800 і до 3700 мм. За побажанням замовника, вміст вуглецю можна змінювати від 30 до 70 та більше відсотків. Враховуються побажання що-до особливості форм готового продукту.

- підприємство налагодило випуск вуглецевих футерувальних блоків для доменних, рудо-термічних та інших видів металургійних печей.

- анодні маси для алюмінієвих електролізерів з верхнім та боковим розташуванням різної форми та розмірів (у тому числі і великогабаритних).

- інша різноманітна продукція зі штучного графіту.

Останнім часом ПрАТ «Укрграфіт» активно розвивається і розростається. Спроектовано та побудовано нові цехи, вводиться в експлуатацію сучасне обладнання та агрегати як вітчизняного так закордонного виробництва, опановуються та вдосконалюються нові технологічні процеси виробництва.

Продукція підприємства відмінно зарекомендувала себе на ринках СНД, аграфітовані футерувальні блоки – не мають аналогів на території СНД та високо ціняться на близькому та дальньому закордоння.

Основними завданнями підприємства «Укрграфіт» – є випуск високоякісної вуглецевої продукції, що здатна бути конкурентно-спроможною на зовнішніх ринках збуту.

1.2 Виробнича структура підприємства

Промислова структура підприємства «Укрграфіт» включає в себе 13 цехів. Серед них: 5 основних цехів, які займаються безпосередньо випуском продукції; 4 допоміжні цехи, що займаються обслуговуванням та підготовкою сировини для основних цехів; 4 цехи третьої групи, які слугують для підтримки роботи усіх інших промислових потужностей.

Кожен з цехів виконує конкретно поставлені завдання, які полягають у виробництві, підготовці та супроводженню технологічних процесів, що протікають на території підприємства.

Кожен з основних цехів, є невід’ємною частиною процесу випуску вуглецево-графітної продукції:

Цехи №1 та 2 – Змішувально-пресові цехи, в них проводиться робота по змішуванню різних видів пеку з додаванням технологічних добавок, що дозволяє у подальшому отримати необхідний хімічний склад та фізичні властивості матеріалу. Також у цих цехах відбувається спресовування вуглецевих сумішей у заготовки потрібної форми та розмірів, котрі потім відправляються на подальшу стадію технологічного процесу випуску продукції.

Цех №3 – цех відпалу. На території цього цеху проводиться термічна обробка спресованих (відпал) вуглецевих заготовок на різних етапах виробництва.

Цех №4 – цех графітування, є одним з основних етапів випуску вуглецевої продукції, адже тут, у печах прямого графітування, відбувається перехід від вуглецевої до графітної структури заготовки. На виході з цього цеху, заготовки отримують нові – надзвичайно важливі для готового виробу, фізичні та технічні показники.

Цех №5 – цех механічної обробки готової продукції, в ньому відбувається фінальна механічна обробка заготовок – придання потрібних форм та розмірів.

Допоміжні цехи №8,9,11 та 21 а саме: цех пили-вловлювання, газоочистки та енергозабезпечення; цех енергопостачання, автоматизації та ремонту технологічного обладнання, цех ремонтно-механічний та цех централізованого ремонту основного технологічного обладнання. Вони не мають прямого відношення до самого процесу відпуску вуглецевої продукції, але без них не можлива робота основних промислових об'єктів підприємства, так-як вони виконують роботи по постачанню енерго-носіїв, відведенню та очищенню відходів виробництва, ремонту та обслуговуванню основного та допоміжного технологічного устаткування.

Далі йдуть цехи третьої групи, їх відсутність не є критичною, без них можливо випускати продукцію, але їх наявність суттєво спрощує цей процес та дає багато можливостей по транспортуванню, зберіганню та іншим можливостям, котрі є корисними для випуску продукції.

Кожен з існуючих цехів підпорядковується промислово-диспетчерській службі, від якої вони отримують точні завдання та плани виробництва.

На цей момент, на підприємстві будується та працює велика кількість складного промислового обладнання, що включає до свого складу різноманітні печі, пресувальні установки, різноманітні генеруючі та перетворюючі установки і т.н.

1.3. Організаційна структура підприємства

Організаційна структура підприємства нараховує 39 діючих підрозділів, серед яких: 11 керівничих підрозділів, 3 лабораторії, 3 служби та 22 основні відділи. На підприємстві існує певна структура підпорядкування (дивись рис. 1.1), за якою усі підрозділи підприємства підпорядковуються заводо-управлінню, воно в свою чергу керує управліннями та службами і т.д.

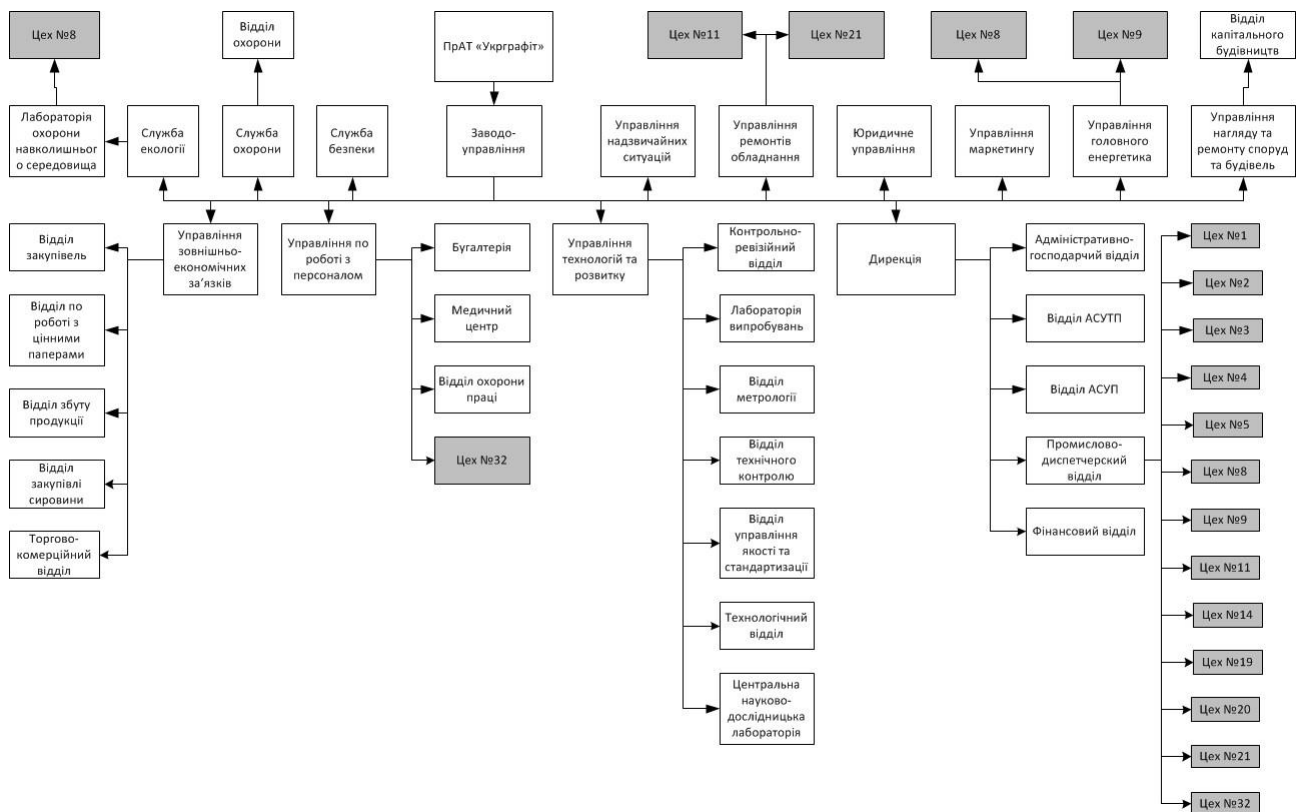


Рисунок 1.1 – Організаційна структурна схема ПрАТ «Укрграфіт»

Слід зазначити, що на підприємстві існує багато дрібних структурних підрозділів, що підпорядковуються відділам та управлінням, або є їх складовою частиною.

1.4. Основні завдання, функції та організаційна структура відділу АСУТП

Відділ автоматизації систем управління технологічними процесами (далі відділ АСУТП) вирішує комплекс питань пов'язаних з розробкою, введенням та супроводом систем автоматизації виробництва (тут і далі САВ). Відділ нараховує у своєму штаті близько 20-ти співробітників. Структура та штат відділу АСУТП затверджено генеральним директором підприємства у відповідності до об'ємів робіт та завдань, що покладають на даний структурний підрозділ підприємства.

Відділ АСУТП складається з трьох внутрішніх структурних підрозділів: Бюро розробки та супроводження систем автоматизації виробництва (далі

– бюро САП – це бюро займається безпосередньо розробкою та проектуванням систем автоматизованого управління, а точніше їх технічною частиною (проектування та розробка систем збору, обробки даних та систем управління технічними засобами автоматизації).

Бюро розробки та супроводження програмного забезпечення систем автоматизації виробництва (далі – бюро ПО САП) основною функцією даного бюро, являється розробка та супроводження програмного забезпечення для систем автоматизованого управління, розробка клієнтського ПО для робочих місць операторів-технологів.

Бюро оперативних ремонтів систем автоматизації виробництва (далі – бюро ОР САП) – робота цього бюро полягає у супроводженні систем автоматизованого управління, та проведення невідкладних ремонтів у разі виникнення несправності обладнання.

Сам відділ АСУТП підпорядковується безпосередньо технічному директору ПрАТ «Укрграфіт». Є певний перелік організаційних зв'язків (див. табл. 1.1), відповідно до яких відділ АСУТП повинен приймати технічні завдання та вказівки від вищого керівництва та віддавати результати у вигляді рекомендацій або готових проектних рішень.

Таблиця 1.1 – Функціональні взаємовідносини відділу АСУТП з іншими відділами та робітниками підприємства

Назва посади чи підрозділу	Відділ АСУТП надає	Відділ АСУТП отримує
Технічний директор	Щомісячний план відділу на затвердження. ТЗ від підрозділів підрядника на затвердження. Пропозиції та проекти по підвищенню ефективності управління. Інформація про хід виконання графіків та запланованих робіт.	Накази, розпорядження, керуючи та методологічні вказівки, що пов'язані з виконанням завдань та обов'язків, покладених на відділ АСУТП.
Підрозділ – замовник робіт по розробці САП	Розроблена САП по акту прийому-передачі в експлуатацію.	ТЗ на розробку чи доопрацювання САП.
Підрозділ – користувач САП	Усунення невідповідностей . Інформація про стан обладнання, що супроводжується відділом АСУТП. Інструкції для оперативного персоналу по експлуатації САП.	Службові прохання, усні заяви на усунення невідповідностей у роботі САП. Відомості про виявлені невідповідностей при експериментальній, чи промисловій експлуатації САП.
ОУКиСт	Пропозиції в СТП по своєму профілю робіт. Звітність.	Документація по менеджменту на ознайомлення.
Відділ ОП	Звіти по проведенню КД та УД по попередженню та усуненню виникнення невідповідностей по пожежній безпеці та ОП. Пропозиції по покращенню стану охорони праці та відділу.	Документація по охороні праці. Реєстри небезпек. Результати медичного огляду працівників відділу. Приписи по усуненню виявлених порушень по охороні праці.
Лабораторія охорони навколишнього середовища	Звіти по проведенню КД та УД по запобіганню та попередженню виявлених невідповідностей	Нормативну документацію по навколишнього середовища. Приписи по

	навколишнього середовища. Заяви на утилізацію небезпечних та шкідливих відходів.	виявленню та усуненню порушень навколишнього середовища. Утилізація небезпечних відходів.
Відділ закупівель, УГЕ, УРО, АСУП	Заяви на закупку ТМЦ (обладнання, запчастин, інструментів)	ТМЦ (обладнання, запчастин, інструментів)
Юридичне управління	Проекти, договори, документи на розгляд та погодження. Організація та затвердження договорів документів. Документи по претензійно-ісковій роботі.	Договірні документи та зауваження до проектів договірних документів.
УП	Пропозиції по зміні у штатному розкладі, заробітній платі і преміюванні робітників відділу, проекти графіків відпусток. Заяви про прийом чи звільнення працівників, документи по навчанню працівників.	Затверджені документи по штатному розкладу, нормуванню праці, заробітної плати та премій, графіки відпусток працівників. Документи по працевлаштуванню та навчанню персоналу.
АХО	Накази, розпорядження, листи. Накази на закупівлю бланків.	Бланки документів.
Начальник бюро САП АСУТП	Інформація про стан комплектів ЗІП для САП, що застосовують на підприємстві. Відомості про відмови працюючих КТС САП. Апаратні засоби САП, що потребують ремонту.	КТЗ для поповнення комплектів ЗІП. Відремонтовані апаратні засоби САП.

У відділі існує певна ієрархія підпорядкування між керівництвом та структурними підрозділами (рис. 1.2). Згідно прийнятої структури:

- управління роботою відділу покладається на керівника відділу;
- керівник відділу АСУТП підпорядковується безпосередньо технічному директору підприємства;
- у разі відсутності керівника, його роль виконує заступник керівника відділу АСУТП;
- зв'язок між усіма підрозділами відбувається через головних інженерів проектувальників, котрі присутні у кожному підрозділі;
- кожен головний інженер має у своєму прямому підпорядкуванні кілька інженерів, він керує роботою безпосередньо свого підрозділу.

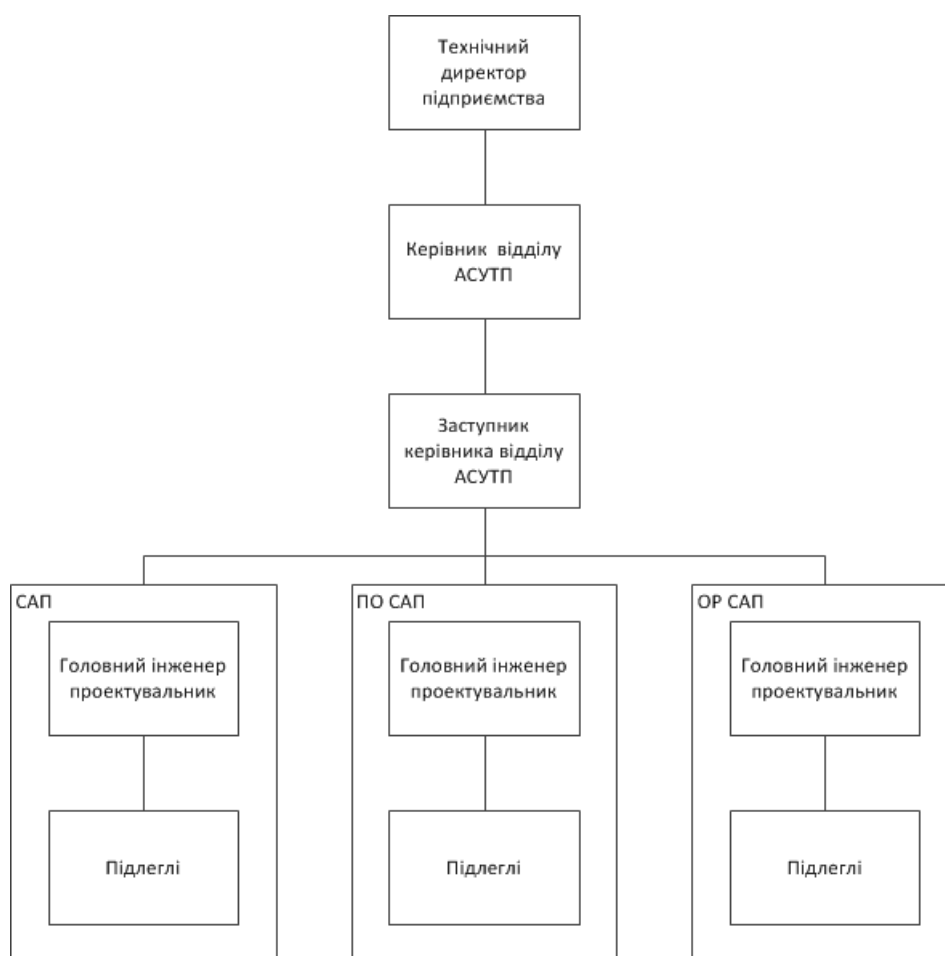


Рисунок 1.2 – Структурна схема підпорядкування працівників відділу АСУТП

2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.5 Особливості технологічного процесу термічної обробки виробів у міфельній печі

Відпал – один з видів термічної обробки. Цей процес полягає у нагріванні заготовок до високих температур з їх подальшою витримкою та повільним охолодженням. Результатом такого процесу є отримання бажаних фізико-хімічних та механічних властивостей заготовок.

На підприємстві «Укрграфіт», процес відпалу використовують на різних етапах виробництва продукції з вуглецевих матеріалів.

Конкретно процес повторного відпалу використовують для надання певних механічних та фізико-хімічних властивостей заготовкам з вуглецевих матеріалів після проходження ними процесу графітування.

Процес відпалу проводять у спеціальних газових муфельних печах. Спочатку графітові заготовки завантажують до печі, де далі проводиться їх нагрівання. Процес нагрівання проводиться у кілька етапів, це дозволяє уникнути деформацій під впливом внутрішніх напруг. Спочатку заготовки нагрівають до температур 400 – 450 °С після чого проводять витримку при заданій температурі, це робиться для того, щоб рівномірно прогріти увесь внутрішній об'єм заготовки, що дає змогу знизити подальший ризик появи дефектів структури від теплових перевантажень та нерівномірності. Після першого етапу проводять подальше нагрівання до температур 800 - 850 °С. Після їх досягнення, знову проводять витримку, що призводить до повного прогрівання заготовок до вказаної температури та дає можливість отримати рівномірну кристалічну структуру матеріалу. Завершується процес відпалу поступовим охолодженням, під час якого відбувається повторна зміна кристалічної структури матеріалу заготовок та закріплюються необхідні властивості виробу. Коли температура у середині печі знизиться до відмітки 200 – 250 °С, проводять відвантаження заготовок з пічного простору, а процес подальшого охолодження виробів відбувається на відкритому повітрі.

Усі етапи термічної обробки проводяться з чітким дотриманням температурних режимів, адже в протилежному випадку можна суттєво змінити кінцевий результат, або взагалі зіпсувати заготовки. Так наприклад: перегрів чи недогрів заготовок призведе до небажаних структурних перетворень кристалічної будови матеріалу, недостатній термін витримки – не дозволить повністю рівномірно прогріти заготовки, перевищення рекомендованих термінів витримки – також призведе до небажаних кристалічних перетворень та може призвести до вигорання вуглецю з поверхні заготовок і т.д.

При ретельному дотриманні технологічного режиму відпалу – виробу з вуглецевих матеріалів, отримують високі показники: міцності (зменшення фізичного зносу виробів під впливом зовнішніх фізичних навантажень), електричного опору (мається на увазі його зменшення, що дозволяє знизити втрати струму при експлуатації виробів) та хімічної стійкості (наприклад стійкість до взаємодії з киснем, що подовжує термін служби виробів)

Повторний відпал – є останнім процесом термічної обробки продукції.

2.2. Характеристики агрегату та принцип його роботи

Пічна установка складається з двох газових муфельних печей, кожна з яких оснащена підйомними воротами та викатним подам. Відведення газів проводиться через установку повторного допалу продуктів згорання та рекуперації тепла (TNV). Доставка сировини до печей відбувається за допомогою пересувної платформи, яка автоматично завантажує продукцію у піч та виконує її відвантаження назовні. Завантаження виробів на пічну подину відбувається у горизонтальному положенні за допомогою спеціальних підйомних механізмів.

Пічна установка оснащена усіма сучасними системами керування та захисту, які об'єднано у єдину мережу за допомогою ПЛК.

Піч (рис. 2.1) складається з п'яти основних частин: корпусу печі, викатної подини системи нагрівання, трубопроводу, засобів управління та регулювання.

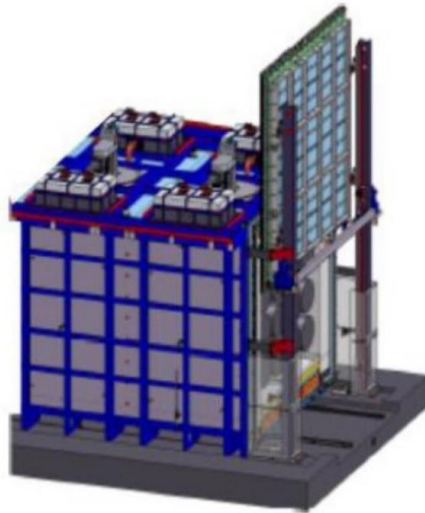


Рисунок 2.1 – Модель печі

Корпус печі створено з міцних герметичних сталевих конструкцій різних розмірів, у боковій та задній стінах передбачено усі отвори та вирізи для встановлення пальників, сопел, термоелементів та відведення продуктів згорання. Максимальна температура зовнішніх конструкцій, під час роботи, становить $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ від температури довколишнього середовища.

Для циркуляції атмосфери у середині печі – встановлена проміжна кришка. Вона відділяє всмоктуючу сторону рециркуляційної повітродувки від сторони нагнітання і направляє повітря від зони циркуляції повітродувки до каналів на обох пічних стінках. Сама кришка закріплюється на корпусі за допомогою ланцюгів.

Підйомні ворота сконструйовано за таким принципом, щоб, у зачиненому стані, вони забезпечували повну герметичність пічного простору. Необхідну силу для підйому воріт забезпечують два електропривода загальною потужністю 1.5 кВт (0.75 кВт кожен). Ворота встановлено на сталевій рамі з механічними направляючими.

Підйомні ворота виконують наступні функції:

- позиціонування викатної подини у зачиненому стані;
- утримання герметичності пічного простору.

Додаткова герметизація виконується за допомогою занурення кіля у водозбірник.

Жаростійка футеровка печі та циркуляційних стін складена з багатшарових конструкцій ізоляційної цегли для зовнішніх стін. Внутрішні стіни (лабіринт та роздільна стіна) складені з шамотної цегли. Крика та підйомні ворота ізолювано за допомогою високотемпературних хутрових матеріалів.

Основні функції жаростійкої футеровки полягають у витримці атмосфери та температури пічного простору та мінімізації втрат тепла.

Для кожної з печей передбачена викатна подина (див. рис. 2.2), що складається з зварних сталевих профільованих конструкцій, під якими змонтовано дві колісні пари для пересування. Пічна подина оснащена кілем, який запобігає потраплянню капаючого розплавленого пеку на ізоляцію.

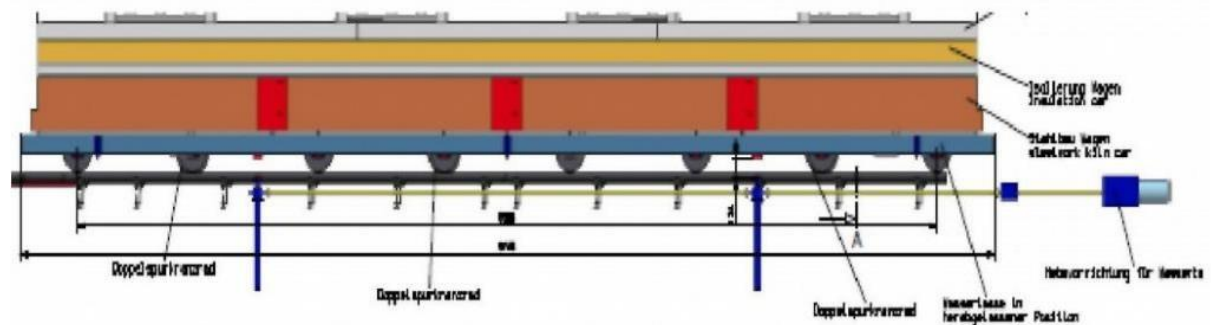


Рисунок 2.2 – Схематична модель перерізу пічної подини

Підйомний водозбірник герметизує подину по відношенню до внутрішнього простору та підйомних воріт печі.

Система нагрівання

Система нагрівання (рис 2.3) – поставляє необхідну для нагрівання печі через високо/середньо швидкісні пальники, що встановлені над даховими горілочними камерами. Піч обладнана модульовальним регулюванням співвідношення повітря/газ.

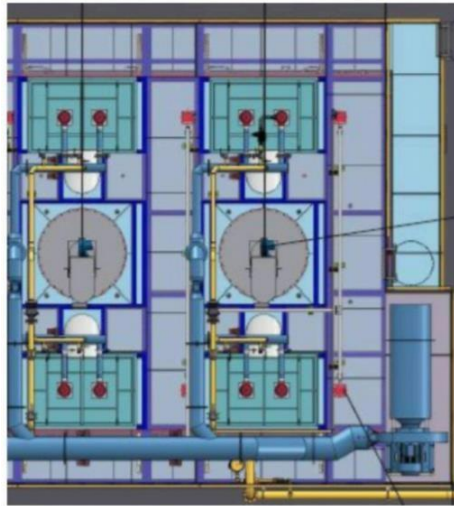


Рисунок 2.3 – Схематична модель системи нагрівання

Для циркуляції атмосфери у середині печі вбудовано жаростійкі циркуляційні вентилятори. Вентилятори висмоктують повітря з середини печі, яке подім вдавлюється назад через проміжну стінку.

Вентилятори – частотно-керовані з потужністю 30 кВт, здатні пропускати 50 000 м³/год. Та тиском 6 бар.

Для підведення повітря та газу до пальників, води до водозбірників, азоту до системи надування ізоляції та систем аналізу газів – використовуються трубопроводи зі звичайної сталі. Підведення води відбувається за допомогою трубопроводів з оцинкованої сталі. Відведення димових газів може проводитись до установки рекуперації, напряму у димохід, до аварійної димової труби за допомогою звичайних трубопроводів.

Установка термічного допалу з рекуперацією тепла (TNV)

Відхідні гази відводяться по футерованим трубопроводам до установки термічного допалу (рис. 2.4) за допомогою циркуляційних вентиляторів, що розташовані за установкою разом з теплообмінниками. Одна установка призначена для двох печей.

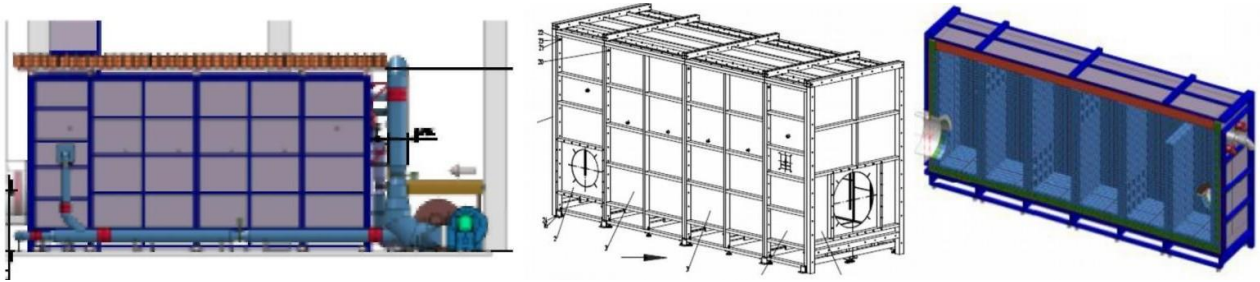


Рисунок 2.4 – Установа термічного допалу з рекуперацією (TNV)

Задача установки TNV полягає у тому, щоб обробляти відхідні гази, навантажені вуглеводнем та окису вуглецю доти, доки не буде досягнута їх допустима концентрація відповідно європейських стандартів газоочищення. Аналіз атмосфери відхідних газів відбувається за допомогою спеціального аналізатора.

Теплообмінник

Для підвищення енергоефективності установки, горючі відхідні гази проходять через спеціальний теплообмінник (рис. 2.5). Повітря, що подається у теплообмінник, підігрівається нагрітими відхідними газами і може бути повторно використане для підвищення енергоефективності установки як заздалегідь підігріте.

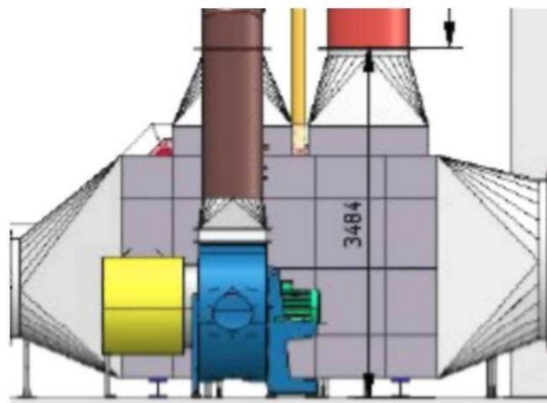


Рисунок 2.5 – Схематична модель теплообмінника.

Після установки TNV відхідні гази відводяться у димохід. При виконанні процесу охолодження печі, димові гази можуть відводитись напряму у димохід, оминаючи установку термічного допалу.

2.3. Принципи управління технологічним процесом

Пічна установка для повторного відпалу оснащена великою кількістю контрольно-вимірювальних приладів, які дають можливість повного контролю над протіканням технологічного процесу. Усі ці прилади об'єднано чотири системи автоматизації: системи автоматизованого керування печами (2 САУ, по одній на кожну піч), система автоматизованого управління установкою термічного допалу з рекуперацією тепла, система аналізу складу відхідних газів. Керування пересуванням платформи здійснюється в ручному режимі.

САУ муфельної печі штовхаючого типу

Система автоматизованого управління муфельної печі штовхаючого типу – виконує функції контролю системи нагрівання, положення викатної подини, циркуляції та стану атмосфери у пічному просторі, матеріальних потоків у трубопроводах, що підводяться до пічної камери.

САУ оснащена великою кількістю захисних та блокувальних функцій. Так наприклад: при виникненні займання у середині пічного простору та відсутності можливості його ліквідації – вмикається система автоматичного затоплення камери, при відсутності займання при першому підпалі пальників – система відрпортує, що виникла проблема, при наявності витоку газу у газопроводі – система дасть команду на вимкнення установки, при відчинених воротах – система не дасть можливості подати паливо та запалити пальники і т.д.

САУ муфельної печі штовхаючого типу, на основі зібраної інформації, здатна виконувати наступні основні функції:

- на основі положення перемикача підйомних воріт – здійснюється контроль за станом та положенням підйомних воріт.

- на основі звичайних та подвійних термоелементів – отримується інформація про температуру пічного простору, по якій приймається рішення про обсяг подачі палива на пальники.

- на основі інформації з датчиків температури на циркуляційних вентиляторах – приймається рішення подачі мастила на їх підшипники.

- завдяки інформації про перевищення тиску води у ввідному трубопроводі

- приймається рішення, що-до постачання води до водозбірника.

- завдяки кінцевому вимикачу водозбірника – робиться висновок про повнезакриття підйомних воріт.

- на основі інформації від датчика рівня води у водозбірнику – робиться висновок про режим подачі води завдяки перетворювачу тиску – отримується інформація про тиск у середині пічного простору.

- на основі інформації з лазерних датчиків кисню – робляться висновки про необхідність подачі кисню до пальників.

- завдяки датчику обертання циркуляційних вентиляторів – отримується інформація про режим їх роботи та кількість повітря, що прокачується крізь них.

- інформація про витрати повітря та палива (газу) – дає можливість контролювати їх витрати.

- на основі інформації, що отримується при спрацюванні реле тиску азоту – робиться висновок про припинення його подачі через остаточне заповнення ущільнювача.

САУ установки термічного допалу з рекуперацією тепла

Система автоматизованого управління установки термічного допалу відхідних газів з рекуперацією тепла – виконує функції контролю системи термічного допалу, теплообмінника, матеріальних потоків, що підводяться до установки по трубопроводам.

Ця САУ теж оснащена великою кількістю засобів сигналізації та захисту від виникнення несправності обладнання. Наприклад: при перевищенні

допустимих температур у теплообміннику – система відрепортує про досягнення температурних лімітів і почне автоматичне регулювання притоків повітря та тиску відхідних газів, у разі перевищення температури у середині установки термічного допалу – система буде автоматично змінювати швидкість циркуляції та інтенсивність згорання відхідних газів, при виникненні займання в середині установки – буде виконано затоплення її внутрішнього простору у автоматичному режимі, при виникненні будь-якої несправності контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації – при наявності будь-якої можливості система відрепортує про усі помічені несправності і т.д.

САУ установки термічного відпалу з рекуперацією тепла, на основі зібраної інформації, здатна виконувати наступні функції:

- на основі інформації про температуру у системі термічного допалу – виконується регулювання інтенсивності допалу відхідних газів та режиму циркуляції внутрішньої атмосфери.

- завдяки інформації про температуру до та після теплообмінника – розраховується та регулюється необхідний обсяг повітря, яке потрібно пропустити крізь теплообмінник для відбору потрібної кількості теплоти.

- інформація про температуру відхідних газів – дозволяє вирахувати інтенсивність циркуляції та необхідність відведення теплоти від теплообмінника.

- у разі аварійного затоплення, на основі інформації про потік води – робляться висновки що-до заповнення камери установки.

- інформація про тиск в середині установки термічного допалу – використовується для визначення необхідного режиму циркуляції атмосфери.

- завдяки інформації про стан реле відхідних газів, приточного повітря та повітря, що подається на пальники установки – робляться висновки про перевищення тиску у даних трубопроводах.

САУ аналізу стану атмосфер у середині пічних агрегатів та установки термічного допалу з рекуперацією

Система автоматичного контролю складу атмосфери у середині пічних

агрегатів та установки термічного допалу – реалізує можливості відслідковування наявності певних хімічних сполук у внутрішніх атмосферах установок повторного відпалу. На основі показів цієї САУ, інші системи роблять висновки що-до коректності та повноцінності використанні енергоносіїв та необхідності утилізації продуктів згорання. Ця система відокремлена від інших систем автоматизованого контролю, проте інформація, що отримана завдяки її роботі – необхідна для коректного функціонування установок.

2.4.Опис технологічних параметрів

Для контролю параметрів роботи муфельної печі штовхаючого типу необхідно знати велику кількість показів. Повний перелік основних технологічних параметрів приведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік технологічних параметрів пічної установки для повторного відпалу

Назва технологічного параметра	Опис	Місця відбору та спосіб відбору
Температура пічного простору	Вимірювання температури в середині пічного простору	Термоелементи на бічних тазадній стінці печі
Температура підшипників	Вимірювання температури підшипників циркуляційних вентиляторів	Термоелементи, вбудовані у циркуляційні вентилятори
Температура простору установки термічного допалу	Визначення температури в середині установки термічного допалу	Термоелементи у бічних стінах установки термічного допалу
Температура до теплообмінника	Визначення температури відхідних газів на вході до теплообмінника	Термоелемент вбудований на вході теплообмінника
Температура на виході з теплообмінника	Визначення температури відхідних газів на виході з теплообмінника	Термоелемент, розташований на виході з теплообмінника у димохід

Температура перегрівання	Визначення температури пальників з метою виявлення їх перегрівання	Термоелементи, по одному на кожний пальник
Температура відхідних газів	Визначення температури відхідних газів на виході з пічної установки	Термоелемент, вбудований на вході у димохідну трубу
Тиск у пічному просторі	Вимірювання тиску внутрішньої атмосфери у середині пічного простору	Імпульсні лінії,
Перевищення тиску води	Визначення критичного тиску у трубопроводі постачання води	Реле тиску, вбудоване у трубопровід
Перевищення тиску азоту	Визначення критичного тиску азоту у контурі герметизації печі	Реле тиску, вбудоване на вході у контур герметизації
Тиск середовища у середині установки термічного допалу	Визначення тиску атмосфери у внутрішньому просторі установки термічного допалу відхідних газів	Імпульсні лінії, що відходять від бічних стінок установки TNV та від'єднуються до вимірювальної діафрагми
Перевищення тиску димових газів	Визначення критичного тиску димових газів	Реле тиску, вбудоване на вході до установки TNV
Перевищення тиску повітря	Визначення критичного рівня тиску повітря, що подається на теплообмінник	Реле тиску, вбудоване на вході повітряного трубоприводу до теплообмінника
Перевищення тиску повітря	Визначення перевищення тиску повітря, що подається на пальники установки TNV	Реле тиску, вбудоване у повітропровід, що під'єднано до пальників установки TNV
Витрата повітря	Визначення витрати повітря у печі	Вимірювальна діафрагма, встановлена на трубопроводі
Витрата палива (газу)	Визначення витрати газу у печі	Вимірювальна діафрагма, встановлена у газопроводі
Витрата води	Визначення витрати води до установки TNV	Вимірювальна діафрагма, встановлена у трубопроводі
Кінцеве положення підйомних воріт	Визначення кінцевого положення відкриття підйомних воріт	Кінцевий перемикач, встановлений на рамі підйомних воріт
Кінцеве положення підйомних воріт	Визначення кінцевого положення закриття підйомних воріт	Кінцевий вимикач, вбудований у водозбірник
Рівень води	Визначення рівня води у водозбірнику	Датчик рівня води, вбудований у водозбірник

Швидкість обертання циркуляційних вентиляторів	Визначення швидкості обертання циркуляційних вентиляторів	Датчики швидкості обертання, вбудовані у циркуляційні вентилятори
Наявність кисню	Вимірювання відсоткового рівня наявності кисню в атмосфері пічного простору	Лазер, вбудований у задню стіну печі.
Положення РО повітря печі	Визначення положення регулювальних органів, що регулюють подачу повітря до системи нагрівання печі	Системи датчиків положення, вбудовані у виконавчі механізми РО повітря
Положення РО газу	Визначення положення регулювальних органів, що регулюють подачу газу до системи нагрівання печі	Системи датчиків положення, вбудовані у виконавчі механізми РО газу
Положення РО Води	Визначення положення регулювальних органів, що регулюють подачу води до водозбірника печі	Системи датчиків положення, вбудовані у виконавчі механізми РО води
Положення РО азоту	Визначення положення регулювальних органів, що регулюють подачу азоту до системи герметизації печі	Системи датчиків положення, вбудовані у виконавчі механізми РО азоту
Положення РО повітря	Визначення положення регулювальних органів, що регулюють подачу повітря до теплообмінника	Системи датчиків положення, вбудовані у виконавчі механізми РО повітря
Положення РО повітря	Визначення положення регулювальних органів, що регулюють подачу повітря до пальників установки термічного допалу	Системи датчиків положення, вбудовані у виконавчі механізми РО повітря
Положення РО відхідних газів	Визначення положення регулювальних органів, що регулює тягу димоходу повітря	Системи датчиків положення, вбудовані у виконавчі механізми РО димоходу

3 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

3.1 Вимоги до структури системи та функціонування системи

АСУ нижньої зони складається з трьох рівнів.

Перший рівень: комплекс засобів, для отримання даних про технологічний процес і його параметри.

Цей рівень включає в себе датчики, які здійснюють збір інформації про температуру, тиск, витрату та інших параметрів технологічного процесу.

Другий рівень: програмований логічний контролер "WAGO".

Даний контролер, отримавши інформацію з першого і з третього рівнів, здійснює управління технологічним процесом за програмою, завантаженої в нього за допомогою програмуючого пристрою. Управління здійснюється шляхом подачі команд на виконавчі механізми.

Третій рівень: комплекс засобів, для відображення технологічного процесу, а також для передачі параметрів управління в контролер.

Цей рівень виконаний на базі сучасних персональних комп'ютерів, обладнаних спеціальними платами - комунікаційними процесорами для зв'язку з контролерами через шину PROFIBUS. Через ці комп'ютери здійснюється завдання параметрів і режимів роботи доменної печі, а також здійснюється управління піччю в ручному режимі в разі виникнення позаштатних ситуацій.

3.2 Вимоги до численності та кваліфікації персоналу системи

Для обслуговування системи необхідні наступні співробітники:

- начальник цеху;
- начальник відділу ремонту;
- начальник відділу експлуатації;
- старший майстер;
- оператор поста управління;
- слюсарі-ремонтники.

Начальник цеху (п'ятиденний графік в першу зміну), начальник відділу ремонту (п'ятиденний графік в першу зміну), начальник відділу експлуатації (п'ятиденний графік в першу зміну), старший майстер (графік роботи плаваючий, змінний), оператор поста управління (3-х змінний графік по 8 годин (день ніч відсипний вихідний); слюсарі-ремонтники (графік роботи 5 на 2).

3.3 Вимоги до надійності системи

Для якісного та надійного керування АСУ ТП повинна відповідати стандартам. Вона не повинна припиняти роботу навіть при відхиленнях системи. Для цього системі надають можливостей, при яких вона може працювати навіть у позаштатному режимі. Для підвищення надійності системи управління і забезпечення автономної роботи агрегатів повинні бути передбачені органи ручного управління, сигналізації та індикації.

Система в цілому повинна прослужити не менше 5 років до виходу з ладу частини обладнання.

3.4 Вимоги до показників безпеки

- безпечна експлуатація забезпечується:

- 1) правильним вибором електрообладнання, кабельної продукції;
- 2) системою заземлення, занулення;
- 3) системою штучного робочого освітлення;

- для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом проектом передбачено занулення всіх неструмоведучих металевих частин електроустаткування в електроустановках напругою до 1000 В;

- розподільче устаткування напругою до 1000 В експлуатаційна організація повинна забезпечити необхідними захисними заходами, попереджувальними плакатами і первинними засобами пожежогасіння;

- підготовка робочих місць, ремонт, експлуатація електрообладнання повинна бути виконана згідно "Правилам безпечної експлуатації

електроустановок споживачів” ДНАОП 0.00-1.21-98;

- для попередження доступу сторонніх осіб до струмопровідних частин електрообладнання передбачені щити обладнані замковими пристроями.

3.5 Вимоги по ергономіці і технічній естетиці

Для забезпечення швидкості та надійності запам'ятовування логіки дій оператором необхідно при компонуванні елементів робочого місця врахувати функціональну відповідність, послідовність розташування, важливість і частоту використання засобів відображення інформації та органів управління.

Взаємне розташування елементів робочого місця повинно забезпечувати можливість здійснення всіх необхідних рухів і переміщень для експлуатації та технічного обслуговування обладнання з урахуванням обмежень, що накладаються спецодегмом оператора.

На операторській панелі, необхідно забезпечити прийнятне розташування найбільш важливих для процесу управління, часто використовуваних і аварійних органів управління.

3.6 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження компонентів системи

Функціонування АСУ нижньої зони доменної печі повинно бути розраховане на цілодобовий режим роботи, з зупинкою на профілактику не частіше, ніж 1 раз на рік на період капітального ремонту.

Види, періодичність і регламент обслуговування технічних засобів повинні бути вказані у відповідних інструкціях з експлуатації. Основні технічні засоби системи управління повинні розміщатися в спеціальних приміщеннях. Приміщення, в яких повинні розташовуватися дані технічні засоби, повинні відповідати вимогам Інструкції з проектування будинків і приміщень для ЕОМ.

Для нормального функціонування обчислювальної техніки в приміщеннях повинні бути забезпечені наступні умови:

- температура навколишнього повітря $+(20\pm 5)$ °С;
- відносна вологість навколишнього повітря $(60\pm 15)\%$;
- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (680-800 мм.рт.ст.);
- запиленість повітря в приміщенні – не більше 1мг/куб.м при розмірі часток не більше 3 мкм;
- напруженість зовнішнього електричного поля повинна бути не більше 0,3 В/м;
- напруженість зовнішнього магнітного поля повинна бути не більше 5,0 А/м;
- частота вібрації повинна бути не більше 25 Гц при амплітуді не більше 0,1 мм.

У повітрі приміщень не повинно бути агресивних речовин, що викликають корозію. Необхідно забезпечити контроль температури, відносної вологості атмосферного тиску в приміщеннях постійного оперативного та обслуговуючого персоналу.

3.7 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Для захисту персональних комп'ютерів використовуються різноманітні програмні методи, що значно розширюють можливості по забезпеченню безпеки інформації, що зберігається. Серед стандартних захисних засобів персонального комп'ютера найбільше поширення одержали:

- засоби захисту обчислювальних ресурсів, що використовують парольну ідентифікацію й обмежують доступ несанкціонованого користувача;
- застосування різноманітних методів шифрування, що не залежать від контексту інформації;
- засоби захисту від копіювання комерційних програмних продуктів;
- захист від комп'ютерних вірусів і створення архівів.

Саме тому система повинна автоматично або вручну вести журнал обліку користувачів, записи якого мають містити повну інформацію про роботу та дії користувачів системи. Це зумовлює використання ідеї роботи з системою

тільки зареєстрованих користувачів, що виключає можливість доступу до інформації третіх осіб.

Кожен користувач повинен мати власний набір дозволених дій для перегляду або зміни даних та керуючих функцій.

3.8 Вимоги до збереження інформації при аваріях

З метою збереження інформації при відмові технічних засобів СА повинні бути забезпечені наступні умови:

- захист від несанкціонованого доступу до оперативної і архівної інформації;
- запис оперативної інформації про стан технологічних процесів в циклі обробки оперативної інформації на жорсткий диск ПК;
- можливість запису архівної інформації і оперативно-звітних даних на зовнішні пристрої, що запам'ятовують.

3.9 Вимоги до патентної чистоти

АСУ ТП повинна включати лише ті програмно-апаратні засоби, за якими немає обмежень використання в межах України, та які мають відповідні ліцензії і сертифікати.

3.10 Вимоги по стандартизації та уніфікації

Конструктивне виконання обладнання повинно бути переважно модульної структури, що передбачає можливість модернізації і заміни окремих модулів, а також розвитку функціональних можливостей за рахунок застосування нових модулів.

3.11 Додаткові вимоги

АСУ ТП повинна забезпечувати можливість роботи в режимі підготовки (навчання) персоналу до практичної роботи. Цей режим призначений для якісної підготовки операторів АРМ для виконання своїх посадових інструкцій у складі чергових змін.

3.12 Вимоги до представлення керуючих функцій

АСУ муфельної печі штовхаючого типу і повинна забезпечувати:

1. Автоматизований збір і первинну обробку технологічної інформації;
2. Автоматичний контроль стану технологічного процесу, попереджувальну сигналізацію при виході технологічних показників за встановлені межі;
3. Управління технологічним процесом у реальному масштабі часу;
4. Представлення інформації в зручному для сприйняття та аналізу вигляді на кольорових графічних операторських станціях у вигляді графіків, мнемосхем, гістограм, таблиць тощо;
5. Автоматичну обробку, реєстрацію та зберігання необхідної виробничої інформації;
6. Автоматичне формування звітів і робочих (режимних) листів за затвердженою формою за певний період часу, і виведення їх на друк за розкладом і за вимогою;
7. Автоматизовану передачу даних в загальну мережу підприємства;
8. Захист баз даних та програмного забезпечення від несанкціонованого доступу.

3.13 Вимоги до протиаварійних функцій

Протиаварійні функції:

1. Автоматичний захист обладнання АСУ ТП шляхом його аварійної

зупинки;

2. Можливість ручної зупинки АСУ ТП при аварійних ситуаціях;
3. Можливість зупинки АСУ ТП при зникненні напруги основного джерела електроенергії;
4. Екстрена зупинка АСУ ТП з ініціативи оператора.

3.14 Вимоги до інформаційного забезпечення

Інформаційне забезпечення АСУ ТП повинне включати наступні типи інформації:

1. Нормативно-довідкову інформацію;
2. Оперативну інформацію;
3. Архівну інформацію;
4. Статистичну інформацію.

У нормативно-довідкову інформацію необхідно включити інформацію про об'єкти контролю, необхідну для функціонування системи, а також включити дані, що характеризують датчики і виконавчі механізми.

Оперативна інформація повинна містити свідчення величин технологічних параметрів, що поступають від датчиків і виконавчих механізмів, і що характеризує поточний стан об'єктів управління. Оперативна інформація повинна включати діагностичну, тобто інформацію про стан технічних засобів системи (модулів і каналів вводу-виводу, контролерів і тому подібне).

Архівна інформація повинна містити інформацію про хід технологічного процесу, накопичену за певний період часу у минулому.

Статистична інформація повинна містити інформацію про напрацювання устаткування.

На АРМ засобами використовуваного ПО необхідно забезпечити підсистему захисту інформації від несанкціонованого доступу, що обмежує доступ різних користувачів системи залежно від їх посадових повноважень.

3.15 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Для реалізацій функцій АСУ ТП повинні використовуватися сучасні засоби конфігурування та візуального програмування, орієнтовані на фахівців-розробників АСУ ТП. Ці засоби дозволяють мінімізувати час розробки, та надають виняткову наочність алгоритмам переробки інформації і управління. Необхідно використовувати розроблений Міжнародною Електротехнічною Комісією (МЕК) стандарт IFC 61131-3, що регламентує повноту і синтаксиста мов технологічного програмування.

3.16 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення повинно бути розроблено на основі загального і спеціального програмного забезпечення.

Загальносистемне програмне забезпечення повинно включати:

- операційні системи;
- системи діагностичного та функціонального контролю технічних засобів;
- програмні засоби забезпечення інформаційної безпеки.

Спеціальне програмне забезпечення повинно включати спеціалізовані програмні пакети для програмування технічних засобів, включених в систему та розроблене програмне забезпечення.

Програмне забезпечення повинно будуватися за модульним принципом з можливістю доповнення його при необхідності додатковими модулями, а також заміни програмних модулів на більш нові, які володіють великими можливостями.

3.17 Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення повинно містити сукупність правил і приписів, що забезпечують необхідну взаємодію оперативного персоналу з

комплексом технічних засобів і між собою під час роботи системи.

Оперативний персонал повинен оцінювати керуючі впливи, які виробляються автоматизованою частиною системи.

Експлуатаційний персонал повинен проводити своєчасні профілактичні роботи, огляди та ремонти обладнання.

Оперативний і експлуатаційний персонал перед початком експлуатації системи повинен пройти теоретичне і практичне навчання з використання та обслуговування автоматизованої частини системи.

Інструкція для експлуатаційного персоналу повинна містити графіки оглядів, перевірок і профілактичних ремонтів обладнання автоматизованої частини системи і порядок дій оперативного персоналу.

3.18. Вимоги до технічного забезпечення АСУ

Комплекс технічних засобів повинен включати:

1. Первинні перетворювачі:
 - температури;
 - тиску;
 - витрати;
 - вмісту речовини;
 - рівня;
2. Вторинні перетворювачі неелектричних величин в уніфіковані струмові сигнали 4-20 мА;
3. Програмований логічний контролер, що забезпечує управління технологічним процесом за допомогою:
 - прийому сигналів від первинних (вторинних) перетворювачів;
 - обробки отриманих даних відповідно до програми користувача;
 - видачі управляючих впливів на виконавчі механізми;
4. Пускачі, що забезпечують посилення слабкострумових сигналів управління перед надходженням їх на виконавчі механізми;
5. Виконавчі механізми, необхідної потужності для приведення в рух

регулюючих органів зусиллям;

6. Регулюючі органи, що забезпечують необхідний ступінь герметичності.

3.19 Вимоги до метрологічних характеристик вимірювальних каналів

Система автоматичного управління повинна мати такі метрологічні характеристики (без урахування первинних перетворювачів):

- межі допустимої основної зведеної похибки каналів вимірювання температури - не більше 0,5%;

- межі допустимої основної зведеної похибки каналів вимірювання тиску, перепаду тиску - не більше 0,5%;

Для ведення технологічного процесу клас точності первинних вимірювальних перетворювачів повинен бути наступним:

- клас точності вимірювальних перетворювачів, що беруть участь у вимірюванні температури, повинен бути не нижче 0,5;

- клас точності вимірювальних перетворювачів, що беруть участь у вимірі тиску, перепаду тиску повинен бути не нижче 0,5;

Основна похибка нормується при наступних умовах експлуатації:

- температура навколишнього повітря - $+ 20^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$;

- відносна вологість повітря - від 30% до 80%;

- атмосферний тиск - від 84 до 107 кПа;

- напруга живильної мережі $220\text{В} \pm 10\%$;

- частота 50 ± 1 Гц;

- відсутність зовнішніх електричних і магнітних полів;

- відсутність вібрації, трясіння, ударів.

Зміна похибки, викликана зміною температури навколишнього повітря від кордонів області нормальних значень (від 15°C до 25°C) до температури в межах від 5°C до 50°C не повинна перевищувати $0,5^{\circ} \text{C}$ кордону абсолютного значення межі основної похибки на кожні 10°C .

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1 Призначення та принцип роботи АСУТП

Контроль параметрів муфельної печі штовхаючого типу відбувається за допомогою кількох окремих систем автоматизації: системи контролю пічних агрегатів, системи контролю установки термічного допалу відхідних газів з рекуперацією тепла та окремої системи хімічного складу продуктів згорання.

Система автоматизованого контролю та управління пічними агрегатами виконує наступні функції:

- збір та обробка інформації про стан пічного простору;
- контроль та управління станом герметизації пічного простору;
- управління системою подачі та спалювання енергоносіїв;
- контроль подачі допоміжних рідин та газів;
- контроль режиму циркуляції атмосфери у пічному просторі.

Основним завданням роботи САУ пічних агрегатів є дотримання належних теплових режимів у пічному просторі кожної з пічних камер. Система отримує інформацію від датчиків, що розміщені у стінах камери і на основі їх показів проводить регулювання подачі та спалювання енергоносіїв, а також забезпечує належний режим циркуляції атмосфери та відведення відхідних газів.

Окремим завданням системи є спостереження за станом герметизації внутрішнього пічного простору. До САУ надходять дані про стан закриття підйомних воріт, положення пічної подини, рівень заповнення водозбірника та стан контуру герметизації. На основі отриманої інформації, система робить висновки що-до необхідності подачі води до водозбірника та азоту у контур герметизації. На основі інформації про стан та положення воріт, робиться висновок про загальний стан герметизації пічної установки, оскільки при повному закритті підйомних воріт проводиться позиціонування подини та герметизація пічного простору шляхом притискання воріт з подиною до

контур герметизації.

За необхідністю система автоматизованого управління пічним агрегатом може змінювати положення підйомних воріт та пічної подини шляхом керування відповідними виконавчими механізмами.

Система контролю установкою TNV слідкує за станом допалу продуктів згорання та якістю використання тепла, що виділяється при термічному спалюванні відхідних газів. САУ установки TNV виконує наступні функції:

- контроль за станом установки TNV;
- управління системою повторного допалу відхідних газів;
- контроль теплообміну у середині теплообмінника;
- управління системою циркуляції атмосфери у середині установки;

У середині установки TNV встановлено комплекс засобів, які дозволяють точно оцінювати придатність відхідних газів для повторного спалювання. Виконується контроль подачі продуктів згорання до системи повторного допалу. На основі інформації з теплообмінника установки TNV робиться висновок про можливість повторного використання теплової енергії для попереднього нагрівання повітря та енергоносіїв, що подаються на пічні агрегати. У середині установки TNV встановлено велику кількість вимірювальних датчиків та приладів, що дозволяють системі слідкувати за станом внутрішнього простору установки термічного допалу та її теплообмінника.

Окремо реалізовано систему контролю складу відхідних газів та продуктів згорання палива у пічних агрегатах.

Система здатна аналізувати склад атмосфери в середині установки TNV та пічних агрегатів на наявність не використаних паливних ресурсів та шкідливих речовин. Отримана інформація оброблюється та передається на системи управління агрегатами, які в свою чергу роблять висновки стосовно необхідного режиму згорання палива та повторного використання продуктів згорання.

4.2. Структурна схема систем автоматизації

За структурую система автоматизації муфельної печі штовхаючого типу є відносно складною (див. рис 4.1), адже в ній об'єднано кілька складних систем автоматизованого управління.

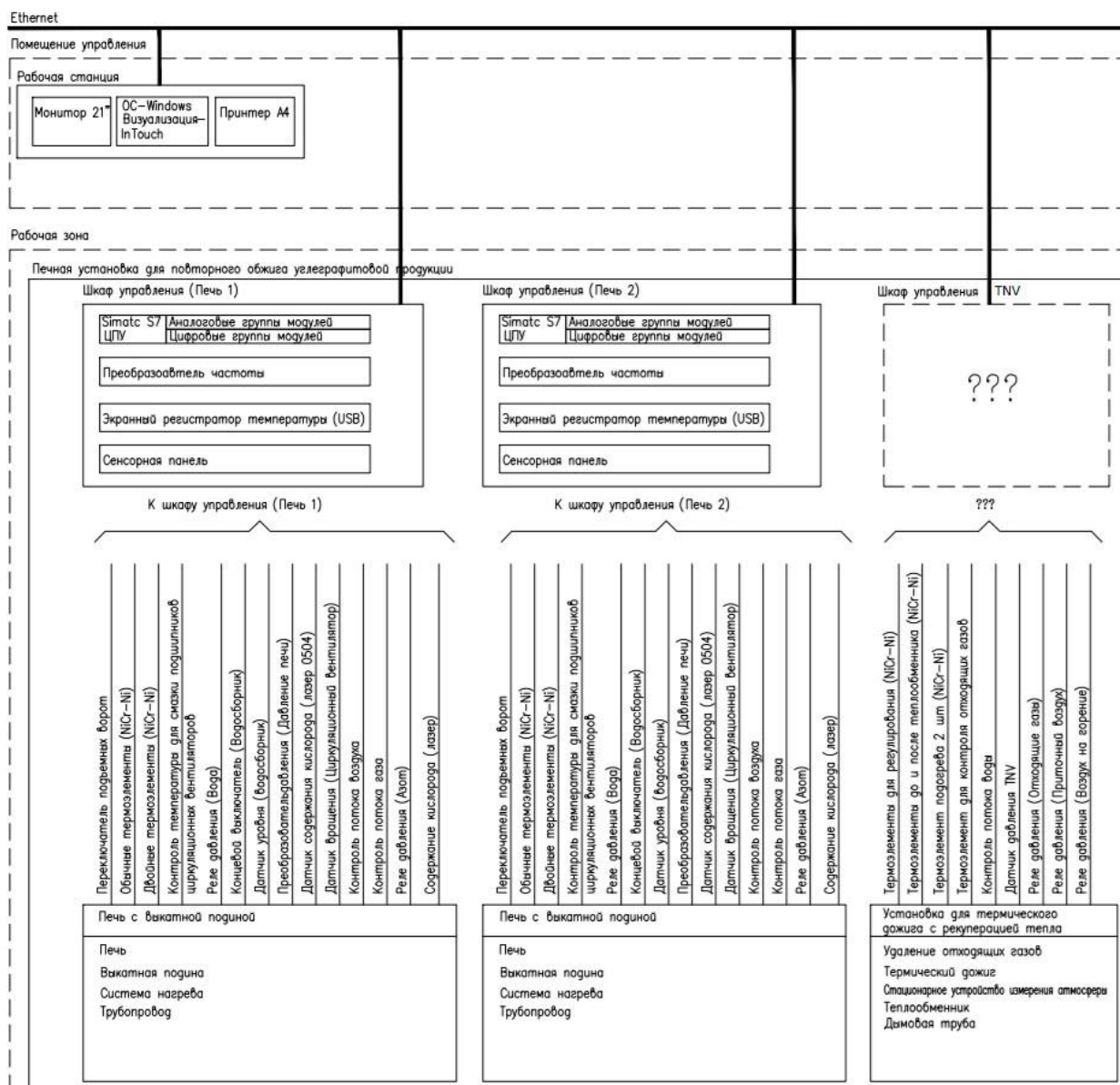


Рисунок 4.1 – Структурна схема систем автоматизації муфельної печі штовхаючого типу

Від кожної установки відходить по кілька ліній зв'язку, що передають інформацію про виміри та покази в середині агрегатів. Далі ця інформація потрапляє до щитів керування, де обробляється та передається на пункт управління. Після прийняття необхідних рішень, з центру управління пічною установкою передають необхідні вказівки для систем автоматизації, на основі яких, остання формує регулюючий вплив на елементи управління агрегатами.

4.3. Використання технічних засобів у системі автоматизації

Системи автоматизованого управління муфельної печі штовхаючого типу оснащені великою кількістю контрольно-виміральної апаратури та регулюючих пристроїв.

Для збору інформації про стан установки використовуються наступні первинні перетворювачі: перемикач підйомних воріт, звичайні та подвійні термоелементи, реле тиску, кінцеві вимикачі, датчики рівня рідини, перетворювачі тиску, датчики обертання, датчики вмісту кисню та датчики контролю витрати середовища.

Для обробки інформації, візуалізації процесів та створення керуючого впливу – шафи керування містять наступні ТЗА: вимикачі, блоки живлення, трансформатори, контролери відмово-стійкої конфігурації, центральні обчислювальні пристрої, аналогові та цифрові групи модулів, сенсорні панелі, обмежувачі температури, частотні перетворювачі, блоки реєстрації з візуалізацією, блоки кліматичного контролю.

Для керування та регулювання процесів установки передбачено встановлення наступних регулюючих органів та виконавчих механізмів: засувки з серво-приводом, клапани ручного налаштування, подвійні магнітні клапани, шарові крани,

5 ВИКОРИСТАННЯ ПРИЛАДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Використання первинних перетворювачів

Для встановлення стану відкриття підйомних воріт використовують механічні перемикачі, що вмонтовані у раму, що тримає ворота. При досягненні крайніх положень, ці вимикачі змінюють свій стан шляхом зміни положення важелів, що рухаються при контакті з воротами. Для отримання інформації про положення штовхача використовують кінцеві вимикачі, що схожі за принципом дії з шляховими перемикачами підйомних воріт.

Для виміру температури використовують термоелектричні перетворювачі, що вбудовуються в елементи конструкцій. Принцип їх дії полягає у генерації термо-ЕРС під впливом високих температур.

Фіксація досягнення критичних значень тиску відбувається за допомогою реле тиску. Принцип дії полягає у зміні положення механічних частин реле під впливом тиску. З'єднання з місцями відбору системою капілярів.

Рівень рідини у водозбірнику вимірюється шляхом використання спеціальних датчиків. Принцип їх дії заснований на зміні положення плавунка відносно нульового положення.

Вимірювання рівня тиску відбувається за допомогою вимірювальних перетворювачів тиску та діафрагм. За принципом дії вони дещо відрізняються. Перетворювачі тиску отримують значення через спеціальні елементи, що змінюють свій стан під впливом тиску. Вимірювальні діафрагми отримують значення тиску по значенню його перепаду на ділянці вимірювання. За допомогою вимірювальних діафрагм також проводяться виміри витрат середовищ у трубопроводах.

Вимірювання вмісту кисню відбувається за допомогою лазера.

Вимірювання швидкості обертання циркуляційних вентиляторів ведеться за допомогою вбудованих тахометричних датчиків.

Розглянуто більш детально технічні засоби відповідно зі спецпитанням

«Система автоматичного регулювання температури у робочому просторі».

Термоелектричний перетворювач ТПР-0573 - призначений для вимірювання температури гарячого дуття доменних печей (рис.5.1).



Рисунок 5.1 – Термоелектричний перетворювач ТПР-0573

Технічні характеристики термоелектричного перетворювача ТПР-0573 представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики ТПР-0573

Параметр	Значення параметра
Температурний діапазон, ° С	600-1350
Матеріал голівки	Сталь 12Х18Н10Т
Матеріал захисної арматури	карбід кремнію

Нормуючий перетворювач Ш9322 призначений для перетворення сигналів від датчиків температури в уніфіковані вихідні сигнали постійного струму (рис.5.2).



Рисунок 5.2 – Нормуючий перетворювач Ш9322

Технічні характеристики Ш9322 представленні у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Технічні характеристики Ш9322

Параметр	Значення параметра
Клас точності	0,1
вихідні сигнали	струмові: 0..5 мА, 0..20 мА, 4..20 мА; напруга: 0..10 В
живлення	основна напруга живлення 220В, 50Гц; резервне напруга живлення 24 В, пост. ток; споживана потужність не більше 7,5 ВА
Ступінь захищеності корпусу	пиловологозахищений IP20

Вторинний реєструючий прилад PointMaster200 призначений для відображення даних у вигляді числових значень, графіків і гістограм на кольоровому дисплеї (рис. 5.3).

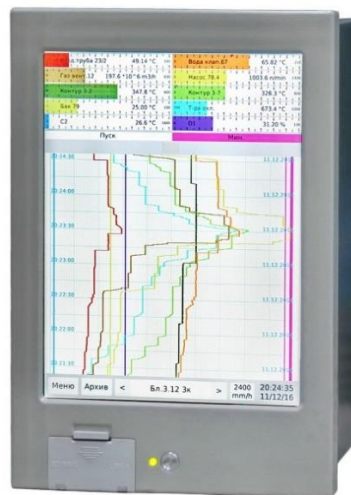


Рисунок 5.3 – Вторинний реєструючий прилад PointMaster200

Технічні характеристики термоелектричного перетворювача PointMaster200, представленні у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Технічні характеристики PointMaster200

Параметр	Значення параметра
характеристики екрану:	
тип	TFT LED
роздільна здатність екрану	600x800
Напруга / частота живлення	150-250 В / 50,60 Гц
Потужність	35 Вт
Маса	5 кг

Блок ручного управління БРУ 10 (рис. 5.4). Призначений для використання в системах промислової автоматизації виробничих процесів в якості:

- функціональної станції ручного управління аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами;
- блоку ручного задатчика аналогового сигналу;
- блоку ручного задатчика імпульсних сигналів "більше" - "менше";
- цифрового індикатора двох технологічних параметрів.



Рисунок 5.4 – Блок ручного управління БРУ-10

ПБР-3А (рис 5.5). призначений для безконтактного управління електричними виконавчими механізмами в приводі яких використані трифазні електродвигуни.

Основні технічні характеристики ПБР-3А:

- електричне живлення пускача: однофазна мережа змінного струму з номінальною напругою 380 В з частотою 50Hz;
- вхідний сигнал - 24 В постійного струму;
- вхідний опір - не менше 750 Ом;
- максимальний комутований струм - 4А;
- ступінь захисту - IP20;
- потужність - не більше 7 Вт;
- габарити - 240 x196 x 90 мм;
- маса, не більше 4 кг.



Рисунок 5.5 – Пускач ПБР-3А

МЕО-100/25 (механізм електровиконавчий однообертовий) (рис. 5.6) призначений для переміщення регулюючих органів в системах автоматичного регулювання технологічними процесами згідно з командними сигналами автоматичних регулюючих і керуючих пристроїв.

Принцип роботи виконавчих механізмів полягає в перетворенні електричного сигналу що надходить від регулюючого або керуючого пристрою в обертальний рух вихідного валу.



Рисунок 5.6 – Виконавчий механізм МЕО-100/25

5.2 Промислові контролери. Проектне компонування контролера Modicon TX Quantum

Серія програмованих контролерів Modicon TX Quantum є платформою для розв'язання завдань в області промислової автоматизації. Завдяки модульній архітектурі контролер Modicon TX Quantum може забезпечувати керування як нескладними об'єктами автоматизації, так і найбільш відповідальними технологічними процесами на рівні цілого підприємства.

Система гарячого резервування забезпечує високий рівень експлуатаційної готовності ЦПУ Quantum, завдяки наявності двох шасі ПЛК – основного і резервного, апаратна конфігурація яких повністю співпадає. Основним елементом кожного шасі є процесор 140 CPU 671 60 спеціально розроблений для архітектури гарячого резерву з програмним забезпеченням Unity Pro.

Основний ПЛК виконує прикладну програму і контролює входи-виходи. Резервний ПЛК залишається у фоновому режимі і готовий у будь-яку мить прийняти на себе управління. Резервний ПЛК з'єднаний з основним високошвидкісним волоконно-оптичним каналом зв'язку (100 Мбод), що вбудований в ЦПУ. Довжина цього волоконно-оптичного каналу без додаткового спеціального обладнання може сягати 2 км. За допомогою цього каналу здійснюється періодичне оновлення даних користувальницького

додатку у резервному ПЛК.

Коли основний контролер відмовляється працювати, система резервування автоматично переведе виконання програми і управління входами-виходами на резервний ПЛК, який стає основним. Після відновлення працездатності контролера, що вийшов з ладу, і повторного підключення його до системи резервування він стає резервним.

Приклад архітектури системи гарячого резерву наведений на рис 5.7.

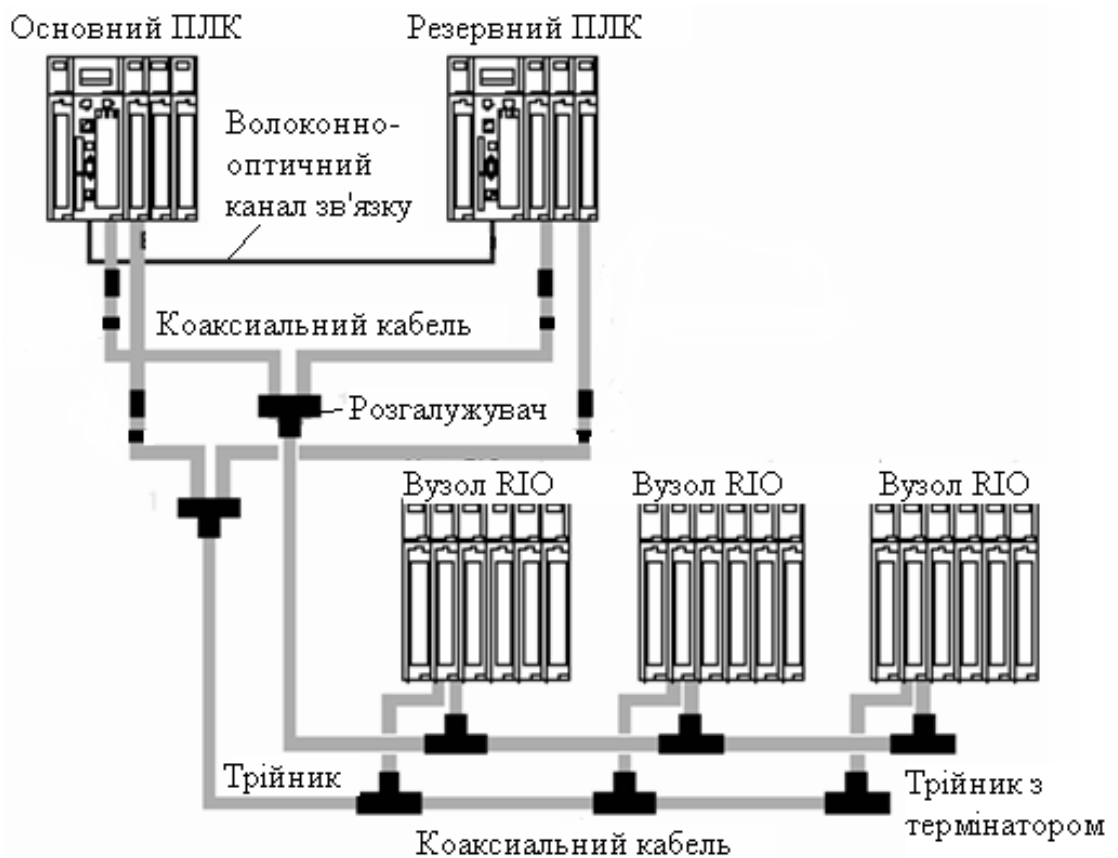


Рисунок 5.7 - Приклад архітектури системи гарячого резерву

На базі Modicon TSX Quantum можна реалізувати локальну, віддалену або розподілену конфігурацію вводу-виводу, які компонуються певною комбінацією шасі, центральних процесорів, джерел живлення, модулів вводу-виводу та інших технічних засобів.

Проектне компонування контролера здійснюється на основі інформації про кількість та вид входних і вихідних сигналів, з якими працює контролер у процесі автоматичного управління технологічним процесом, бажану

конфігурацію вводів-виводів та мережну структуру.

Кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера дорівнює 11. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20 мА. На такий вхідний сигнал орієнтований 8-канальний аналоговий модуль вводу 140 АСІ 040 00, який споживає струм 240 мА і має потужність 2 Вт.

Кількість модулів такого типу, необхідних для перетворення 11 вхідних сигналів дорівнює:

$$11 \text{ вхідних сигналів} : 8 \text{ каналів вводу} = 1,38 \approx 2 \text{ модулі } 140 \text{ АСІ } 040 \text{ } 00.$$

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керувальний вплив на температуру у робочому просторі. Здійснюється це за допомогою виконавчих механізмів сталої швидкості, які працюють від імпульсних сигналів управління. Оскільки при регулюванні технологічних параметрів виконавчий механізм має здійснювати компенсацію збурень шляхом збільшення або зменшення витрати природного газу, кисню та повітря, при розрахунку кількості дискретних модулів виводу необхідно передбачити на кожний виконавчий механізм два виходи – «більше» і «менше». Зміну витрат технологічних параметрів здійснюють чотири виконавчих механізми, а це означає, що для керування їх роботою потрібно 3 вихідних каналів дискретного модуля виводу.

Серед існуючих дискретних модулів виводу Quantum для керування роботою виконавчих механізмів найбільш підходить модуль 8 релейних виходів модуль вивода: 140 DRC 830, оснащених вихідними реле з нормально відкритими контактами і який споживає струм 560 мА

Кількість модулів такого типу, які забезпечать керування роботою виконавчих механізмів складе:

$$3 \text{ вихідних сигнали} : 8 \text{ каналів виводу} = 0,35 \approx 1 \text{ модуль } 140 \text{ DRC } 830 \text{ } 00$$

Для опитування 11 входів, обробки інформації, відповідно до алгоритмів керування окремими технологічними параметрами, оновлення станів 3 вихідних каналів, реалізації одної гілки розподіленого вводу-виводу та здійснення інших процедур у системі управління, можна використати

центральний процесор 140 CPU 671 60. Він має ОЗП –1024 Кбайта, 1 порт Modbus Plus і споживаний струм шини – 790 мА, а також підтримує локальний ввід-вивід– до 64 (ввід)/64 (вивід) і розподілений ввід-вивід – до 128 (ввід)/128 (вивід).

Оскільки, відповідно до завдання, необхідно конфігурувати розподілений ввід-вивід, для віддаленої панелі потрібен адаптер вузла DIO 140 CRA 211 10, який одночасно використовується як блок живлення вузла. Цей адаптер має порт Modbus Plus для сполучання з центральним процесором, живиться напругою 115/230 А змінного струму. Головний вузол ЦПУ з підтримкою Modbus Plus 140 NOM 211 00.

Для функціонування контролера потрібен модуль живлення, який необхідно розрахувати, користуючись підсумковим струмом, що споживають усі модулі контролера. Враховуючі, що один аналоговий модуль вводу розташовується на розподіленому шасі, де в якості модуля живлення використовується адаптер вузла DIO, то для розрахунку споживаного струму потрібно враховувати модулі тільки центрального шасі.

Аналоговий модуль вводу споживає струм 240 мА, дискретний модуль виводу – 560 мА, центральний процесор – 790 мА. Тобто сумарний струм, що споживають модулі центрального шасі дорівнює 1590 мА. Щоб забезпечити такий струм споживання необхідно використати модуль живлення 140CPS 111 00, який має вхідну напругу 100-276 В змінного струму, а вихідний струм шини дорівнює максимум 3А.

Для конфігурування розподіленого вводу-виводу потрібні два шасі. На центральному необхідно встановити модуль живлення, центральний процесор, аналоговий модуль вводу і дискретний модуль виводу, а на виносному – адаптер вузла DIO і аналоговий модуль вводу. У зв'язку з цим у якості центрального шасі необхідно використати 4-слотове 140 XBP 004 00, а для розподіленого вводу застосувати 2-слотове 140 XBP 002 00.

Для з'єднання порту Modbus Plus центрального процесора з адаптером вузла 140 CRA 211 10, який розташований на певній відстані, потрібен кабель

490 NAA 271 01 довжиною 30,5м.

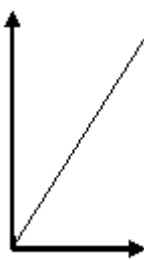
5.3 Використання виконавчих механізмів та регулювальних органів

Для регулювання витрати газів використовують різні види регулювальних органів, що управляються за допомогою автоматичних виконавчих механізмів. Для регулювання потоку газів використовують заслінки та засувки, управління потоками рідини виконується за допомогою шарових кранів. Усі ці РО використовуються в парі з виконавчими механізмами відповідної потужності.

Керування усіма виконавчими механізмами відбувається за допомогою частотних перетворювачів, що посиляють певну кількість імпульсів з необхідною довжиною та частотою. В результаті використання ЧП можливо досягти будь-якої плавності регулювання та високої точності позиціонування РО. Управління циркуляційними вентиляторами відбувається за допомогою частотних перетворювачів.

Для розрахунку та вибору виконавчого механізму задано вихідні дані (табл. 5.4), що наближені до умов реального виробництва

Таблиця 5.4 - Вихідні дані

Сер едо ви ще	Макс. витрата	Надмір Ний тиск, поч	Надмірний тиск, кін	Абс. темп	Характеристика мережі	Статична хар-ка об.
Димові гази	4000 м ³ /год	10 кПа	100 кПа	473 К	Довжина прямих частин трубопроводу до та після РО відповідно 18 та 15 м. До РО – один заворот на 90° у горизонтальній площині й один униз на 10м. Після РО – просте коліно, заворот на 90° угору на 2м.	

Однією із найвідповідальніших складових систем автоматичного регулювання є виконавчий пристрій, який складається з дроселюючого пристрою та виконавчого механізму. Від правильного розрахунку пропускної здатності та вибору характеристик регулюючого органу в значній мірі залежить якість регулювання.

Правильно розрахований регулюючий орган не повинен спотворювати характеристики лінійного агрегата – він призначений для лінеаризації статичної характеристики об'єкта.

В системах автоматичного регулювання розповсюджений дросельний метод регулювання, оснований на зміні опору трубопроводу між джерелом середовища, що регулюється, та об'єктом регулювання. Для реалізації цього метода використовуються регулюючі дросельні органи - клапани, поворотні засувки, шибери тощо.

Вихідні дані для розрахунку:

1. Максимальна витрата середовища в нормальних умовах (об'ємний G_{\max}):

$$Q_{\min}=(1/4 \div 1/3)Q_{\max}. \quad (5.1)$$

2. Абсолютний тиск на початку $P_{\text{нач}}$ та в кінці $P_{\text{кін}}$ частини трубопроводу;
3. Абсолютна температура середовища T (незмінна для всієї частини трубопроводу);
4. Характеристика мережі;
5. Статична характеристика об'єкта.

Послідовність розрахунку:

Визначення втрат тиску на заданому відрізку трубопроводу.

Загальні втрати тиску на заданому відрізку трубопроводу складаються зі втрат на відрізку трубопроводу до $\Delta P_{\text{Л1}}$, та після $\Delta P_{\text{Л2}}$ регулювального органу, а також на самому РО $\Delta P_{\text{РО}}$. Розрахунок вміщує визначення спочатку $\Delta P_{\text{Л1}}$, а потім $\Delta P_{\text{Л2}}$ по одній і тій же схемі та по одним і тим же формулам, але для різних

умов і властивостей середовища до і після РО.

Так як витрата газу на ділянці газопровода $L_1 - L_6$ в три рази більше, ніж на ділянці $L_7 - L_{10}$, розрахунки еквівалентного діаметра траси, втрат напору на тертя, втрат напору на місцевих опорах поділяється на дві ділянки: ділянка 1: $L_1 - L_6$, ділянка 2: $L_7 - L_{10}$, (рис. 3.23). В даному розділі наведено розрахунок ділянки 2 за умови, що початковий тиск цієї ділянки $P_{нач}$ відомий та складає $0,8 \text{ кгс/см}^2 = 78,4 \text{ кПа}$, кінцевий тиск складає $0,7 \text{ кгс/см}^2 = 68,7 \text{ кПа}$.

Загальні втрати тиску на заданій ділянці трубопровода складається із втрат на відрізок до ΔP_1 та після ΔP_2 регулюючого органу, а також на самому регулюючому органі $\Delta P_{РО}$. Максимальна витрата газів на даній ділянці складає $4000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Мінімальна витрата природного газу:

$$Q_{\min} = 0,25 Q_{\max} = 0,25 \cdot 4000 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Абсолютний тиск газу в началі трубопровода:

$$P_{нач} = P_n + P_{нач} = 0,179 + 0,01 = 0,19 \text{ МПа},$$

де $P_n = 0,179 \text{ МПа}$ – абсолютний тиск газу при нормальних умовах.

Схема пічного газопровода наведена на рис. 5.8.

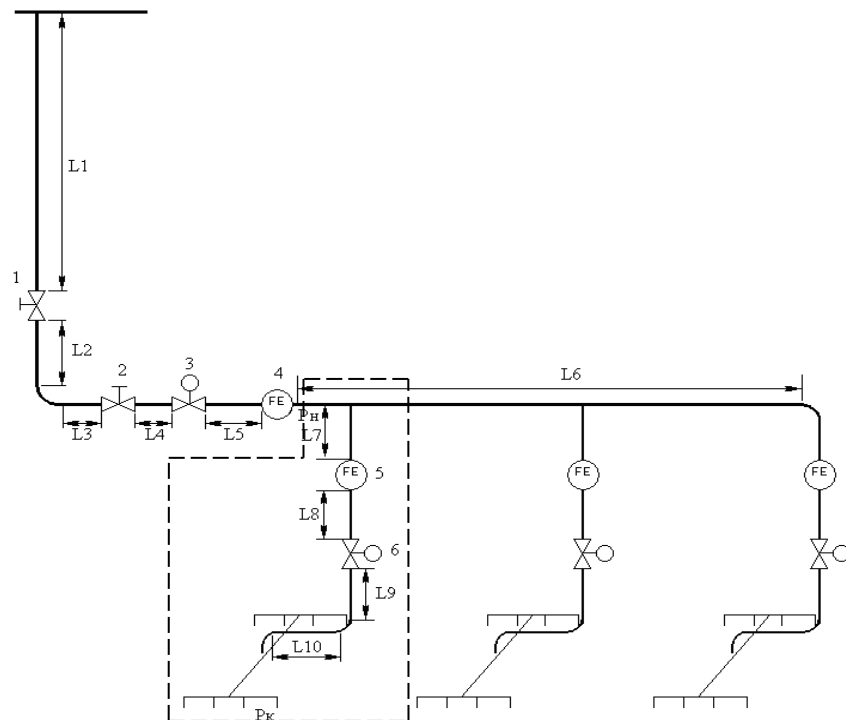
Розрахункова максимальна витрата до регулюючого органу:

$$Q_{\max 1} = Q_{\max} \frac{P_n \cdot T}{P_{нач} \cdot T_n} = 4000 \frac{0,179 \cdot 293}{0,19 \cdot 293} = 3600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Щільність газу до регулюючого органу:

$$\rho_1 = \rho_n \frac{P_{нач} \cdot T_n}{P_n \cdot T} = 0,725 \frac{0,257 \cdot 293}{0,19 \cdot 293} = 1,042 \text{ кг/м}^3,$$

де $\rho_H=0,725 \text{ кг/м}^3$ – щільність димових газів при нормальних умовах;
 $T_H=293 \text{ К}$ – абсолютна температура газу при нормальних умовах.



1,2 – засувка із ручним приводом; 3 – відсічний клапан; 4,5 – звужуючий пристрій витратоміра; 6 – регулюючий орган; $L_1 - L_{10}$ – довжини прямих ділянок газопровода

Рисунок 5.8 - Схема пічного газопровода

Динамічна в'язкість газу:

$$\mu_1 = 1,11 \cdot 10^{-6} \text{ кгс}\cdot\text{с/м}^3 = 1,08 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Діаметр трубопровода до регулюючого органу:

$$D_I = 18,85 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{max}1}}{V}} = 18,85 \cdot \sqrt{\frac{3600}{12}} = 326,5 \text{ мм},$$

де $V=12 \text{ м/с}$ – допустима швидкість руху газу.

Приймається діаметр $D_{cm}=330$ мм.

Розрахункова швидкість середовища у трубопроводі до регулюючого органу:

$$V_1 = \frac{354 Q_{\max 1}}{D_{cm}^2} = \frac{354 \cdot 3600}{330^2} = 11,7 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса для газу до регулюючого органу:

$$Re_1 = 0,354 \frac{Q_{\max 1} \cdot \rho_1}{D_{cm1} \cdot \mu_1} = 0,354 \frac{139,09 \cdot 1,042}{50 \cdot 1,08 \cdot 10^{-5}} = 950108.$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя для частин трубопровода до регулюючого органу:

$$\lambda_1 = \frac{1}{(21g(19,5D_{cm}))^2} = 0,028.$$

Втрати тиску на прямих ділянках трубопровода до регулюючого органу:

$$\Delta P_{np1} = \lambda_1 \frac{\rho_1 \cdot (L_7 + L_8) \cdot V_1^2}{2D_{cm}} = 0,028 \frac{1,042 \cdot 1 \cdot 11,7^2}{2 \cdot 0,05} = 113 \text{ Па.}$$

Втрати тиску на місцевих опорах до регулюючого органу:

$$\Delta P_{m1} = (\xi_1^1 + \xi_1^2) \frac{\rho_1 \cdot V_1^2}{2} = 3,5 \frac{1,042 \cdot 11,7^2}{2} = 706,9 \text{ Па,}$$

де $\xi_1^1=2,5$ – коефіцієнт місцевого опору трійника, який розрає середовище на 90° ;

$\xi_1^2=1$ – коефіцієнт місцевого опору на чутливому елементі витратоміра.

Втрати тиску в лінії до регулюючого органу:

$$\Delta P_{л1} = \Delta P_{np1} + \Delta P_{м1} = 113 + 706,9 = 819,9 \text{ Па.}$$

Абсолютний тиск газу до регулюючого органу:

$$P_1 = P_{нач} - \Delta P_{л1} = 0,257 - 0,000819 = 0,256 \text{ МПа.}$$

Абсолютний тиск газу в кінці трубопровода:

$$P_{кон} = P_n + P_{кон} = 0,19 + 0,068 = 0,247 \text{ МПа.}$$

Абсолютний тиск газу після регулюючого органу:

$$P_2 = P_1 - 0,3(P_{нач} - P_{кон}) = 0,256 - 0,3(0,257 - 0,247) = 0,253 \text{ МПа}$$

Розрахункова максимальна витрата після регулюючого органу:

$$Q_{\max 2} = Q_{\max} \frac{P_n \cdot T}{P_{кон} \cdot T_n} = 4000 \frac{0,01 \cdot 293}{0,1 \cdot 293} = 400 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Щільність газу після регулюючого органу:

$$\rho_2 = \rho_n \frac{P_2 \cdot T_n}{P_n \cdot T} = 0,725 \frac{0,253 \cdot 293}{0,179 \cdot 673} = 1,024 \text{ кг/м}^3.$$

Діаметр трубопровода після регулюючого органу:

$$D_2 = 18,85 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\max}}{V}} = 18,85 \cdot \sqrt{\frac{400}{12}} = 108 \text{ мм,}$$

Приймається діаметр $D_{ст} = 110 \text{ мм}$.

Розрахункова швидкість середовища у трубопроводі після регулюючого органу:

$$V_2 = \frac{354 Q_{\max}}{D_{cm}^2} = \frac{354 \cdot 400}{110^2} = 11,7 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса для газу після регулюючого органу:

$$Re_2 = 0,354 \frac{Q_{\max 2} \cdot \rho_2}{D_{cm} \cdot \mu_2} = 0,354 \frac{400 \cdot 1,024}{110 \cdot 1,08 \cdot 10^{-5}} = 94987.$$

Коефіцієнт тертя для частин трубопровода після регулюючого органу:

$$\lambda_2 = \frac{1}{(21g(19,5D_{cm}))^2} = 0,028.$$

Витрати тиску на прямих ділянках трубопровода:

$$\Delta P_{np2} = \lambda_2 \frac{\rho_2 \cdot (L_9 + L_{10}) \cdot V_2^2}{2D_{cm}} = 0,028 \frac{1,024 \cdot 2,5 \cdot 20,036^2}{2 \cdot 0,05} = 281,02 \text{ Па.}$$

Втрати тиску на місцевих опорах:

$$\Delta P_{m2} = \xi_2^1 \frac{\rho_2 \cdot V_2^2}{2} = 0,2 \frac{1,024 \cdot 20,04^2}{2} = 41,12 \text{ Па,}$$

де $\xi_2^1 = 0,2$ – коефіцієнт місцевого опору простого коліна.

Втрати тиску в лінії після регулюючого органу:

$$\Delta P_{л2} = \Delta P_{np2} + \Delta P_{m2} = 281,02 + 41,12 = 322,14 \text{ Па} = 0,00032 \text{ МПа.}$$

Загальний перепад тиску у мережі:

$$\Delta P_c = P_{нач} - P_{кон} = 0,257 - 0,247 = 0,01 \text{ МПа.}$$

Втрати тиску у регулюючому органі:

$$\begin{aligned} \Delta P_{PO} &= \Delta P_c - (\Delta P_{л1} + \Delta P_{л2}) = \\ &= 0,01 - (0,00819 + 0,00032) = 0,00139 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Пропускна здатність регулюючого органу:

$$K_{v\max} = \frac{Q_{\max}}{5350} \sqrt{\frac{\rho_2 \cdot T_1 \cdot K}{\Delta P_{PO} \cdot P_2}} = \frac{4000}{5350} \sqrt{\frac{0,725 \cdot 293 \cdot 0,99832}{0,00139 \cdot 0,253}} = 29,03 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Умовна пропускна здатність регулюючого органу: $K_{v\text{усл}} \geq 1,2 K_{v\max}$.

Приймається $K_{v\text{усл}} = 34,836 \text{ м}^3/\text{год.}$

Обрано регулюючий орган – дросельна заслінка PRS-2 з умовним діаметром 200 мм.

Відношення перепаду тиску в лінії до перепада тиску на регулюючому органі:

$$n = \frac{\Delta P_{л}}{\Delta P_{PO}} = \frac{\Delta P_{л1} + \Delta P_{л2}}{\Delta P_{PO}} = \frac{0,00819 + 0,00032}{0,00139} = 6,12.$$

Обрано рівновідсоткову пропускну характеристику регулюючого органу.

Уточнене значення максимальної витрати через регулюючий орган:

$$Q'_{\max} = K_{v\text{усл}} \cdot \frac{5350}{\sqrt{\frac{\rho_2 \cdot T_1 \cdot K}{\Delta P_{PO} \cdot P_2}}} = 34,836 \cdot \frac{5350}{\sqrt{\frac{0,725 \cdot 293 \cdot 0,99832}{0,00139 \cdot 0,253}}} = 240 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Відносне значення витрат:

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{Q'_{\max}} = \frac{4000}{4200} = 0,95$$

$$q_{\min} = \frac{Q_{\min}}{Q'_{\max}} = \frac{400}{4200} = 0,01.$$

Вибір перепускної характеристики регулювального органа

Аналіз збурень в об'єкті показав, що для цього процесу бажана лінійна витрачальна характеристика, то потрібно зробити вибір лінійної перепускної характеристиками РО, виходячи з того, що при $n < 1,5$ переважна лінійна перепускна характеристика.

При $n < 1,5$ обирається лінійна перепускна характеристика.

При відомих значеннях n , q_{\max} і q_{\min} знаходимо значення l_{\max} та l_{\min} (діапазон навантаження) для РО з лінійною пропускною характеристикою:

$$l_{\max} = 0.75,$$

$$l_{\min} = 0.25.$$

При цьому l_{\max} та l_{\min} знайдено коефіцієнт передачі $K_{\text{РО}}$:

$$K_{\text{ро max}} = 0.9;$$

$$K_{\text{ро min}} = 1.6;$$

$$\frac{K_{\text{ро max}}}{K_{\text{ро min}}} = \frac{0.9}{1.6} = 0.56.$$

Розрахунок з'єднання регулювального органа з виконавчим механізмом

Для якісного регулювання коефіцієнт передачі САР повинен бути незмінним. Його величина визначається добутком:

$$K = K_{об} \cdot K_p \cdot K_{вм} \cdot K_з \cdot K_{ро},$$

де $K_{об}$ – коефіцієнт передачі об'єкта;

K_p – коефіцієнт передачі регулятора;

$K_{вм}$ – коефіцієнт передачі виконавчого механізму;

$K_з$ – коефіцієнт передачі з'єднання;

$K_{ро}$ – коефіцієнт передачі регулювального органа.

При вибраних формах витрачальної та пропускної характеристик, які забезпечують сталість коефіцієнта передачі регулювального органа, незмінність K може бути отримана шляхом компенсації не лінійності статичної характеристики об'єкта не лінійністю з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

Побудова статичної характеристики з'єднання регулюючого органу з об'єктом регулювання.

Статичну характеристику об'єкта регулювання у безрозмірній формі:

$$X_{вих об} = \frac{X_{вих}^i}{X_{вих max}}; \quad X_{вх об} = X_{вх ро} = \frac{X_{вх}^i}{X_{вх max}};$$

де $X_{вих об}$ і $X_{вх об}$ – безрозмірні значення вихідної та вхідної величини об'єкта регулювання;

$X_{вих}^i$ і $X_{вих max}$ – i -те та максимальне значення розмірної вихідної величини об'єкта регулювання;

$X_{вх}^i$ і $X_{вх max}$ – i -те та максимальне значення розмірної вхідної величини об'єкта регулювання.

Безрозмірна статична характеристика об'єкта регулювання будується у першому квадранті координатної площини $X_{вих об} = f(X_{вх ро})$.

У другому квадранті цієї ж площини будується лінійна характеристика «виконавчий механізм – об'єкт регулювання» в безрозмірному вигляді.

Праву піввісь координатної площини поділяється на десять рівних

інтервалів i , відповідно до схеми, будується у четвертому квадранті статична характеристика з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

Отримана характеристика лінеаризує регульований об'єкт, оскільки вона є дзеркальним відображенням його статичної залежності і забезпечує сталість коефіцієнта передачі САР.

Графічний метод розрахунку з'єднання регулювального органу з виконавчим механізмом.

Для будови з'єднання РО з поступовим рухом затвора з виконавчим механізмом попередньо визначаємо його вигляд, відстань S і довжину важеля. Довжина важеля R визначається за формулою:

$$R = \frac{A * l * r}{h},$$

де $r=200$ [мм] – довжина кривошипу виконавчого механізму;

$l = 80$ [мм] – відстань між віссю обертання важеля клапана та віссю з'єднання його зі штоком;

$h=(0,6\div 0,8)D_c$ – хід клапана, де $D_c=(0,4\div 0,5)D_y$;

$$D_c = 0,4 * 80 = 32 \text{ [мм]};$$

$$h = 0,6 * 32 = 19.2 \text{ [мм]};$$

A – коефіцієнт.

Для характеристики з'єднання, близької до криволінійної $A=1,4$.

$$R = \frac{1,4 * 80 * 200}{19.2} = 1167 \text{ [мм]}.$$

Для отримання криволінійної характеристики з'єднання довжина тяги повинна бути $L=R-r=1167-200=967$ [мм]. Відстань між осями S повинна бути $(3\div 5)r$.

$$S = 5 * 200 = 1000 \text{ [мм]}.$$

Далі для прийнятої геометрії з'єднування графічним шляхом будується залежність $h=f(\varphi_{\text{ВМ}})$.

Вибір виконавчого механізму

Вибір виконавчого механізму базується на зусиллі, яке він повинен розвинути при зміні положення регулюючого органу.

Для поворотних заслінок величину моменту, необхідного для їх повороту, визначають за формулою:

$$M = K(M_p + M_m),$$

де K – коефіцієнт, враховуючий затягування ущільнювача та навантаження. Приймається $K=2$.

Реактивний момент M_p рівен:

$$M_p = 0,07 \cdot \Delta P_{PO} \cdot D_y = 0,07 \cdot 13900 \cdot 0,005 = 4,86 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент тертя в опорах M_m :

$$M_m = 0,785 \cdot D_y^2 \cdot \Delta P_{PO} \cdot r_{ш} \cdot \lambda,$$

де $r_{ш}$ – радіус шейки вала ($r_{ш}=0,07$ м);

λ – коефіцієнт тертя в опорах ($\lambda=0,15$).

$$M_m = 0,785 \cdot 0,005^2 \cdot 13900 \cdot 0,07 \cdot 0,15 = 0,57 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Таким чином, мінімальне значення моменту, необхідного для повороту заслінки:

$$M = 2,5 \cdot (4,86 + 0,57) = 13,575 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приймається $M = 16 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

За результатами розрахунку обрано виконавчий механізм: **МЭО-16/63-0,63.**

5.4 Програмне забезпечення систем автоматизованого управління

Для спрощення процедури керування пічною установкою – розроблено спеціальний комплект програмного забезпечення, що встановлюється як на пункт управління так і на обчислювальні пристрої у шафах керування.

Це програмне забезпечення розроблено на основі готової SCADA системи «InTouch». Створене ПЗ дозволяє оператору технологу виконувати наступні функції:

- створення та запис графіків завдань;
- програмний запуск та зупинка установки;
- керування роботою вентиляторів;
- управління системами нагрівання;
- виконання спеціалізованих програм для встановлення режиму роботи пічної установки;
- облік подій у системі управління;
- графічне відображення протікання технологічного процесу;
- загальна обробка результатів;
- збір інформації про об'єкт та побудова графіків;
- огляд стану установки;
- архівація даних;

Крім того дане програмне забезпечення оснащено великою кількістю варіантів сигналізації про виникнення критичних ситуацій та помилок в роботі агрегату або систем САУ.

6 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

6.1 Функціональна схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації є основним технічним документом, що визначає функціонально-блокову структуру окремих вузлів автоматичного контролю, управління і регулювання. Об'єктом управління в системах автоматизації технологічних процесів є сукупність основного та допоміжного обладнання.

При розробці функціональних схем вирішуються такі завдання:

- отримання первинної інформації про стан технологічного процесу і обладнання;
- контроль і реєстрація технологічних параметрів процесу і стану обладнання;
- стабілізація технологічних параметрів процесу;
- безпосередній вплив на процес для керування ним.

Управління роботою обертової печі здійснюється за допомогою таких систем автоматичного контролю та регулювання:

- система автоматичного регулювання температури у робочій зоні.

Для вимірювання температури в зоні випалу використовується термоелектричний перетворювач ТХАУ-205 (поз. 9а.). Він підключений до вляє до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 9б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля контролера Modicon TX Quantum, далі сигнал з модуля дискретного виводу Modicon TX Quantum потрапляє до блоку ручного управління БРУ-10 (поз. SA), а з нього сигнал надходить до пускача ПБР-2М (поз. 9в), а з нього сигнал потрапляє на виконавчий механізм МЕО 100/10 (поз. 9г), який за допомогою клапана змінює витрау енергоносія;

- система автоматичного регулювання розрідження в пиловій камері.

Для вимірювання розрідження в пиловій камері використовується датчик розрідження Метран-100 ДИВ (поз. 2а), сигнал з якого надходить до відеографічного реєстратора РМТ-19 (поз. 2б), а з нього сигнал надходить до

вхідного аналогового модуля контролера Modicon TX Quantum, далі сигнал з модуля дискретного виводу Modicon TX Quantum потрапляє до блоку ручного управління БРУ-10 (поз. 2в), а з нього сигнал надходить то пускача ПБР-2М(поз. 2г), а з нього сигнал потрапляє на виконавчий механізм МЕО 100/10(поз. 2д), який за допомогою клапана змінює витрату відхідних газів;

- система автоматичного регулювання співвідношення газ-повітря.

Для регулювання співвідношення газ-повітря використовуються камерні діафрагми ДКС-100 (поз. 3а-1 та 3а-2) які з'єднані з датчиками різниці тиску Метран 100ДД (поз. 3б-1 та 3б-2), з них сигнали потрапляють до відеографічного реєстратора РМТ-19 (поз. 3в), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum, далі сигнал з модуля дискретного виводу Modicon TX Quantum потрапляє до блоку ручного управління БРУ-10 (поз. 3г), а з нього сигнал надходить то пускача ПБР-2М (поз. 3д), а з нього сигнал потрапляє на виконавчий механізм МЕО 100/10 (поз. 3е), який за допомогою затулки ПРЗ змінює витрату повітря;

- система автоматичного регулювання ваги карбонових гірських порід.

Для вимірювання ваги гірських порід використовуються конвеєрні ваги ВК-202 (поз. 4а), сигнал з яких надходить до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 4б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum, далі сигнал з модуля аналогового виводу ADAM-5024 потрапляє до блоку ручного управління БРУ-10 (поз. 4в), а з нього сигнал надходить то пускача ПБР-2М (поз. 4г), а з нього сигнал потрапляє на виконавчий механізм МЕО 100/10 (поз. 4д), який за допомогою затулки ПРЗ змінює витрату повітря;

- система автоматичного контролю температури в пиловій камері.

Для контролю температури в пиловій камері використовується термоелектричних перетворювача ТХАУ-205 (поз. 5а), сигнал з якого надходить до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 5б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum;

- система автоматичного контролю температури в зоні сушіння.

Для контролю температури в зоні сушіння використовується термоелектричний перетворювач ТХАУ-205 (поз. 6а). Він підключений до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 6б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum;

- система автоматичного контролю температури вапна.

Для контролю температури вапна використовується термоелектричний перетворювач ТХАУ-205 (поз. 7а), сигнал з якого надходить до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 7б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum;

- Система автоматичного контролю розрідження на головці печі

Для контролю розрідження на головці печі використовується датчик розрідження Метран 100 ДИВ (поз. 8а), сигнал з якого надходить до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 8б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum;

- система автоматичного контролю тиску газу.

Для контролю тиску газу використовується датчик Метран 100 ДИ (поз. 9а), сигнал з якого надходить до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 9б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum;

- система автоматичного контролю тиску первинного повітря.

Для контролю тиску первинного повітря використовується датчик тиску Метран 100 ДИ (поз. 10а), сигнал з якого надходить до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 10б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum;

- система автоматичного контролю ваги вапна.

Для контролю ваги вапна використовуються конвеєрні ваги ВК-230 (поз. 11а), сигнал з яких надходить до відеографічного реєстратора КП-1Е (поз. 11б), а з нього сигнал надходить до вхідного аналогового модуля Modicon TX Quantum.

Функціональна схема автоматизації представлена на креслені *ІННІ КРБ*

21470.002.ФСА.

6.2 Принципова електрична схема системи автоматичного регулювання температури в робочому просторі

Принципова електрична схема - це проектний документ, що визначає повний склад електричної частини і зв'язків між її елементами, а також дає детальне уявлення про принципи роботи системи. Вона служить підставою для розробки інших креслень, а також використовуються при налагодженні і експлуатації систем автоматизації. Принципова електрична схема була розроблена відповідно до технічного завдання та на підставі рішень, прийнятих у функціональній схемі автоматизації. На ній відображені такі технічні засоби:

- термоелектричний перетворювачі ТХАУ-205;
- вторинний реєструючий прилад КП-1Е;
- контролер Modicon TX Quantum;
- блок ручного управління БРУ-10;
- пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М;
- механізм електричний однообертний МЕО-4/10;
- дистанційний показчик положення ДУП-М.

Принципова електрична схема представлена на кресленні *ІННІ КРБ*
21470.003.ПЕС

6.3 Принципова електрична схема живлення автоматичного регулювання температури в робочому просторі

Принципова схема електроживлення є проектним матеріалом, яким користуються як при розробці робочих креслень, так і при експлуатації змонтованого об'єкта. На кресленні схеми живлення зображуються: апаратура відключення джерел живлення і споживачів електроенергії, апаратура контролю напруги, назва споживачів та перелік апаратури.

На принциповій схемі електроживлення зображені: розподільний пункт

РП-25, вісім пакетних вимикача В, дев'ять плавких ставок ПР, а також шлюз Rosemount 1410, відеографічний реєстратор РМТ-19, контролер блок живлення РWR-242 для контролера Modicon TX Quantum, блок ручного управління БРУ-10, пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М, механізм електричний однообертовий МЕО-4/10.

Принципова електрична схему живлення представлена на креслені *ІННІ КРБ 21470.004.ПЕСЖ*.

6.4 Монтажна комутаційна схема

Для виконання електричної комутації елементів щита КВПіА була розроблена їх монтажна схема, яка була виконана адресним методом який полягає в наступному: над кожним приладом і апаратом, встановленим на щиті, проставляється порядковий номер приладу (у верхній половині кола) і позначення або позиція цього приладу (в нижній половині кола). Використовувані клеми приладу позначаються: перший номер - номер приладу, куди йде монтажний провід; другий номер - номер дроти по принциповій електричній схемі.

На монтажна комутаційній схемі відображені такі технічні засоби:

- вторинний реєструючий прилад PointMaster200;
- контролер Modicon TX Quantum;
- блок ручного управління БРУ-10;
- дві клемні колодки АСКО 60А.

Монтажна комутаційна схема представлена на креслені *ІННІ КРБ 21470.006.МКС*.

6.5 Зовнішній вид щита

Щит КВПіА в системах автоматичного контролю, регулювання та управління є конструктивним елементом для розміщення приладів і апаратури, що відносяться до даної системи. Щит КВПіА дозволяє раціонально розмістити

і зв'язати в єдину систему прилади, регулятори, засоби сигналізації та дистанційного керування, пов'язані з ним елементи електричної комутації, трубні проводки, засоби захисту та блокування, а також інші допоміжні пристрої. Розміри щита:

- висота 2200мм;
- ширина 600мм.

На щиті розміщені такі прилади:

- вторинний реєструючий прилад PointMaster200;
- блок ручного управління БРУ-10;
- контролер Modicon TX Quantum.

Зовнішній вигляд щита представлений на кресленні *ІННІ КРБ 21470.005.ЗВЩ.*

6.6 Схема зовнішніх з'єднань

Схеми зовнішніх з'єднань є кресленням, на якому показуються електричні і трубні зв'язки, які прокладаються поза щитом КВПіА, між окремими приладами, засобами автоматики і щитами КВПіА проектованої системи автоматизації.

На схемі зображені такі технічні засоби:

- термоелектричний перетворювачі ТХАУ-205;
- пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М;
- механізм електричний однообертний МЕО-4/10.

Для передачі сигналів застосовуються кабелі КВВГ. Для захисту дротів та кабелів застосовуються труби.

Схема зовнішніх з'єднань представлена на кресленні *ІННІ КРБ 21470.007.СЗС.*

7 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

7.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Залежно від часу і інтенсивності впливу на працівника, виробничі фактори можуть бути небезпечними або шкідливими. При миттєвій дії фактор стає небезпечним, а при тривалому впливі — шкідливим.

Небезпечним називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого у відповідних умовах праці може призвести до травм або іншого раптового, різкого погіршення стану здоров'я.

Шкідливим називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого може призводити в певних умовах до захворювання або зниження рівня працездатності.

Згідно з державним стандартом шкідливі і небезпечні фактори по природі їх впливу поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. Однією із основних цілей охорони праці на підприємстві є оцінка обстановки та характеристик трудового процесу в частині його впливу на здоров'я і життя працівника.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать: рухомі машини та механізми; пересувні частини виробничого устаткування; підвищена запыленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура поверхонь устаткування, матеріалів чи повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрацій, інфразвукових коливань, ультразвуку, іонізуючих випромінювань, статичної електрики, електромагнітних випромінювань, ультрафіолетової чи інфрачервоної радіації; підвищені чи понижені барометричний тиск, вологість, іонізація та рухомість повітря; небезпечне значення напруги в електричному колі; підвищена напруженість електричного чи магнітного полів; відсутність чи нестача природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; пряме та

відбите випромінювання, що створює засліплюючу дію.

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать хімічні речовини, які за характером дії на організм людини поділяються на загально токсичні, подразнюючі, сенсibilізуючі, канцерогенні, мутагенні, такі, що впливають на репродуктивну функцію.

До біологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, мікроскопічні гриби та ін.) та продукти їх життєдіяльності, а також макроорганізми (рослини та тварини).

До психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Один і той же небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може належати одночасно до різних груп.

Той чи інший виробничий фактор (шкідливий чи небезпечний) за межами певного рівня (значення, концентрації) може не спричиняти негативних наслідків. У зв'язку з цим для таких факторів встановлений відповідний гранично допустимий рівень.

Для досягнення цього завдання державою встановлено низку критеріїв оцінки, які допомагають визначити ступінь небезпечності умов праці на підприємствах, що використовують працю найманих робітників.

В процесі виробничої діяльності працівників ПрАТ «УКРГРАФІТ» можуть виникати небезпечні умови, при яких існує загроза негативної дії на людину небезпечного виробничого чинника. Наприклад, електричний струм може стати небезпечним при пошкодженні ізоляції провідника; рухома частина обладнання створити загрозу захопити одяг працівника при відсутності захисного огороження; отруйна речовина може потрапити в організм людини.

Основним заходом запобігання нещасним випадкам, підвищення безпеки праці та профілактики виробничого травматизму в галузі є усунення небезпечних умов. При відсутності таких умов травма або аварія ніколи не станеться, навіть при наявності кількох небезпечних факторів на робочому

місці.

В умовах виробництва ПрАТ «УКРГРАФІТ» небезпечні обставини можуть бути викликані незадовільною підготовкою з питань безпеки праці, відсутністю чіткої системи контролю за станом охорони праці, недостатнім рівнем організації праці; низькою надійністю машин та обладнання, їх окремих деталей або робочих органів і т. ін.

В умовах галузі можливість негативного впливу небезпечного виробничого фактора на людину створюється внаслідок небезпечних дій працівника або службової особи на виробництві.

Небезпечними діями в конкретних умовах виробництва називають такі дії працівника або організатора роботи, які не відповідають науково обґрунтованим або розробленим і відповідно затвердженим нормам професійної поведінки при виконанні роботи.

До небезпечних дій можна віднести порушення режиму роботи технологічного обладнання, машини, агрегату, системи, перевищення швидкості руху, різке гальмування або різкий поворот, неправильне застосування інструменту, роботу без засобів індивідуального захисту при їх наявності і та ін.

Небезпечною дією працівника ПрАТ «УКРГРАФІТ» може бути неякісне формальне навчання працівників, відсутність контролю за станом охорони праці, допуск до роботи інструментів, обладнання машин або людей, яких неможливо допускати згідно з існуючими вимогами, правилами та нормами безпеки праці. Небезпечною вважається і така поведінка на виробництві службової особи, коли внаслідок неприйняття певного рішення, невиконання роботи щодо усунення небезпеки або запобігання їй, створюється загроза нещасного випадку або аварії. У процесі вивчення небезпечних умов було помічено, що при їх збіганні (поєднанні) з обставинами, у які потрапляє працюючий після допущених небезпечних дій, виникає реальна загроза травмування. Таку загрозу можна назвати небезпечною ситуацією, що виникає при збіганні умов і обставин.

Небезпечна ситуація може мати конкретніше визначення “аварійна

ситуація”, “травмонебезпечна ситуація”, “критична або катастрофічна ситуація”. Наслідками цих явищ відповідно є: аварія, травма, катастрофа.

Аварія - пошкодження, вихід із ладу машини, агрегату, апарата.

Катастрофа — несподіване лихо, подія, що спричиняє тяжкі наслідки, руйнування. Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглядати як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина (технічний засіб) і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина (технічний засіб), раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це призвело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

7.2 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Кожен працівник, що виконує роботи з шкідливими і небезпечними умовами праці, а також в умовах підвищених або понижених температур чи пов'язані із забрудненням забезпечується безкоштовно за своєю професією спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до «Каталогу на спецодяг, спецвзуття та іншими засобами індивідуального захисту» що діє на підприємстві. Працівник повинен дбайливо ставитись до виданих йому засобів індивідуального захисту. Деякі засоби індивідуального захисту колективного користування можуть видаватися працівникам тільки на виконання тих робіт, для яких вони передбачені, або можуть бути закріплені за певними робочими місцями і передаватися від однієї зміни іншій.

До засобів індивідуального захисту відносять:

- засоби захисту органів зору;
- засоби захисту органів слуху;
- засоби захисту органів дихання;
- засоби захисту голови;

- засоби захисту рук;
- засоби захисту ніг;
- засоби захисту шкіри тіла;
- засоби захисту шкіри обличчя , шиї , рук від опіків.

При видачі зазначених засобів індивідуального захисту керівник повинен забезпечити проведення інструктажу працівникові за правилами користування ними та найпростіших способів перевірки їх справності.

7.3 Електробезпека

За показаннями ПУЕ приміщення цеху №4 ПрАТ «Укрграфіт» відноситься до категорії особливо небезпечних приміщень - температура повітря $> 30^{\circ}\text{C}$, наявність струмопровідної підлоги, вологість понад 75% та струмопровідний пил.

Основними заходами захисту від поразки електричним струмом є:

- забезпечення недоступності токоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику;
- електричне розділення мережі;
- усунення небезпеки поразки при появі напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- вживання малої напруги;
- захист від випадкового дотику до токоведучих частин вживанням кожухів, обгороджувальних, подвійної ізоляції;
- контроль і профілактика пошкодженої ізоляції;
- вживання спеціальних електро- захисних засобів - переносних приладів і запобіжних пристосувань.

Всі газопроводи і газові пристрої заземлені. Зовнішні газопроводи заземляються через кожні 250м. Газопроводи на вході (і виході) будівлі цехів заземляються на контури заземлення цехових електроустановок.

Характеристика електромережі:

- 1) напруга мережі – 380 В;
- 2) частота мережі – 50 Гц;
- 3) тип мережі – чотирипровідна трифазна мережа з глухозаземленою нейтраллю.

7.4 Пожежна та техногенна безпека

Згідно СніП 21-01-97 цех №4 ПрАТ «Укрграфіт» можна віднести до «А» вибухопожежонебезпечної категорії, оскільки на виробництві застосовуються речовини здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним; горючих газів, нижня межа вибуховості яких дорівнює 10% і менш по відношенню до об'єму повітря; рідин з температурою спалаху пари до 28°C включно за умови, що вказані гази і рідини можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в об'ємі, що перевищує 5% об'єму приміщення.

На ділянці класи пожежі С, D та E , бо можливі пожежі металів, спалах електроустановок та горіння газоподібних речовин.

Температура займистості природного газу 645°C.

Умови розвитку пожежі в будівлях і спорудах багато в чому визначається мірою їх вогнестійкості.

Приміщення цеху №4 - це будівля переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – сталеві конструкції. Конструкції, що захищають, – із сталевих профільованих листів і інших негорючих матеріалів з важко горючим утепленням, то привласнюємо міру вогнестійкості.

Біля будівлі цеху передбачені під'їзди, що забезпечують під'їзд пожежних машин.

На ділянці спікання передбачена пожежна сигналізація типу ЕПС - електронна пожежна сигналізація, забезпечена термодатчиками і датчиками полум'я.

Згідно із СНиП 2.09.02-85 визначається мінімальна відстань по коридору

від дверей найбільш віддаленого приміщення площею не більше 100 м² до виходу назовні або у найближчу сходову клітку (табл. 7.1).

На ділянці передбачено захист від блискавки, що складається з магнітопроводу, що знаходиться на даху ділянки в найвищій точці. Молнієприємник є металевим штирем заввишки 5 метрів, токовідвід сполучений з молнієприємником із заземленням.

В разі виникнення пожежі на ділянці передбачений план безпечної евакуації людей. У приміщенні спроектоване 2 пожежників виходу шириною 2 метри. Час евакуації не нормується. Є 2 входи, шириною 2 метри, які можуть використовуватися для евакуації тих, що працюють. Довжина ділянки 300 метрів, ширина 100 метрів, висота 30 метрів. Передбачені 2 пожежні сходи шириною 1 метр. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу прийнята залежно від категорії пожежної небезпеки і міри вогнестійкості будівлі згідно даним СНіП 2.01.02-85.

Таблиця 7.1 - Відстань по коридору від дверей найбільш віддаленого приміщення площею не більше 100 м² до виходу назовні або у найближчу сходову клітку за СНіП 2.09.02-85

Об'єм приміщення, тис. м	Категорія приміщення	Ступінь вогнетривкості споруд	Відстань, м, при густоті людського потоку у загальному проході, чол/м		
			до 1	більше 1	від 3 до 5
Незалежно від об'єму	Г, Д	I, II, III, IIIа Шб, IV V	не обмежується 160 120	Незалежно від об'єму	Г, Д

Для внутрішньої і зовнішньої пожежогасінні передбачений пожежний водопровід, а також два пожежників гідранта з пожежними рукавами завдовжки 50 метрів. Використовують вентиляційну систему, що перешкоджає виникненню і поширенню пожеж.

Кожен працівник при виявленні пожежі зобов'язаний:

- у разі виявлення спалаху необхідно повідомити керівника і спробувати загасити вогнище спалаху своїми силами за допомогою засобів первинного пожежогасіння (вогнегасник порошковий, вуглекислотний);
- у разі якщо згасити вогнище спалаху не вдається, привести в дію ручний пожежний сповіщувач;
- негайно повідомити про це в пожежну охорону за телефоном 101 (назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, повідомити своє прізвище);
- вжити заходів щодо евакуації людей, матеріальних цінностей;
- приступити до гасіння пожежі;
- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони і надати допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожеж.

Організаційні заходи:

- організована пожаро-технічна комісія цеху;
- розроблений план протипожежних заходів;
- інструктажі по знанню правил пожежної безпеки.

У цеху №4 ПрАТ «Укрграфіт» відповідно до норм повинні знаходитися наступні первинні засоби пожежогасінні: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубошерстної тканини або повсті, ящики з піском, совкові лопати); пожежний інструмент (багри, лом, сокири і ін.).

8 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОБНИЦТВА

В даний час на ПрАТ «Укрграфіт» обробка виробів здійснюється на існуючих печах № 8, 11, 12, побудованих за технологією Рідхаммер. Піч №8 - введена в експлуатацію - 1963 р; піч №11 - введена в експлуатацію - 1963 р; капремонт - 1998 р; піч №12- введена в експлуатацію - 1952 р; капремонт - 2002 р. Процес повторного відпалу за старою технологією демонструє істотні недоліки, основними з яких є:

- висока ціна і обсяг енергоносіїв, які використовуються в процесі повторного відпалу;
- великий обсяг допоміжних матеріалів;
- низький тепловий ККД;
- високий обсяг пилових і газоподібних викидів в атмосферу;
- непрямий нагрів заготовок, виробів;
- нерівномірність властивостей по довжині заготовки, виробу;
- вихід з ладу випалювальних печей через накопичення смоляних матеріалів в самій печі і відхідних боровах;
- висока тривалість процесу повторного відпалу;
- велика кількість вторинних відходів від виробництва повторного відпалу.

В даний час при промисловому виробництві електродів, провідними виробниками, процес повторного випалу здійснюється за новою технологією в газових печах з висувним подом.

Перевагами використання сучасних печей повторного відпалу з висувним подом є:

- застосування сучасної технології повторного відпалу з максимальною щільністю завантаження вуглецевих заготовок;
- однорідністю розподілу температури в заготовках для операцій повторного відпалу;
- збільшується продуктивності при значно нижчих витратах енергоресурсів, допоміжних матеріалів;

- зниження частки ручної праці;
- скорочення часу повторного випалу;
- зменшення непрямого кількості тепла, що йде на нагрів футеруванняобпалювальної печі;
- збільшення теплового ККД печей повторного відпалу;
- рівномірність властивостей по всьому об'єму вуглецевих виробів, і якнаслідок кращої експлуатаційною стійкістю;
- зменшення обсягу пилових і газоподібних викидів.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота на тему «Проект автоматизації муфельної нагрівальної печі штовхаючого типу в умовах цеху №4 ПрАТ «Укрграфіт» Система автоматичного регулювання температури у робочому просторі».

Метою виконання кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації муфельної нагрівальної печі штовхаючого типу в умовах металургійного виробництва.

У ході реалізації поставленого завдання було розглянуто технологічний процес отримання графіту, вивчена конструкція агрегату і технологія виробництва.

Детально була розглянута система автоматичного регулювання температури у робочому просторі.

У загальній частині проекту описана муфельна нагрівальна піч штовхаючого типу і технологічний процес який в ній відбувається, а також була дана характеристика наявному рівню автоматизації у порівнянні з аналогічними об'єктами інших підприємств, в результаті чого зроблено висновки про недоліки існуючої системи.

У спеціальній частині кваліфікаційної роботи розроблена система автоматизації на базі програмованого логічного контролера Modicon TX Quantum, а також зроблений вибір і обґрунтування технічних засобів автоматизації. Крім цього були розраховані та обрані регулюючий орган і виконавчий механізм.

Для спроектованої системи було розроблено документацію в яку увійшли: функціональна схема автоматизації, принципова електрична, монтажна комутаційна схеми, схема зовнішніх з'єднань. Спроекований щит КВПіА. Враховуючи умови роботи та вимоги по точності регулювання було підібрано комплекс технічних засобів. Для розробленої системи виконана оцінка надійності.

В економічно-організаційній частині виконаний розрахунок собівартості

продукції та обчислено економічний ефект від введення системи.

У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів у цеху №4 ПрАТ «Укрграфіт», розроблені заходи щодо їх запобігання.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1.Мінняло Н.О., Пазюк М.Ю. Дипломне проектування : методичні вказівки до написання та оформлення дипломного проекту для студентів ЗДІА напрямку підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Запоріжжя : ЗДІА, 2013.

2. Перспективы развития мартеновского производства. Национальная металлургия, 2002 г . 55 с.

4.Выплавка сталі в двухванной печи. ТИ 226 . Ст. М – 02 – 01.

9.Технічна інструкція на прилад термopара. URL: <http://www.terra-nnsk.ru/item/tha-thk> (дата звернення 28.04.2022 р.)

10.Технічна інструкція на прилад телескоп ТЕРА-50 радиационного пирометра. URL: <http://kppz.ru/docs/tera50.pdf> (дата звернення 28.04.2022 р.)

11. Технічна інструкція на прилад датчики давления Метран-100. URL: http://www.priborika.ru/katalog/davlen/to/m100_ruk.pdf (дата звернення 28.04.2022 р.)

12. Технічна інструкція на прилад сигналізуючий манометр ДМ Сг 05. URL: <http://www.ua.all.biz/manometry-dm-sg-05-signaliziruyushchie-s-g271532> (дата звернення 28.04.2022 р.)

13. Технічна інструкція на прилад газоаналізатор Xgard-Тип-1-PH3. URL: http://priborsk.ru/katalog_oborudovaniya/analizatory_zhidkosti_gaza_vlazhnosti/gazoanalizatory/xgard-typ-1-ph3_-_stacionarnuyu_sensor/ (дата звернення 28.04.2022 р.)

14. Технічна інструкція на датчик діафрагма ДКС – 150. URL: http://www.priborplant.ru/ru/production/rasxodometria/catalog5/?top_id=13 (дата звернення 28.04.2022 р.)

15. Технічна інструкція на прилад метран РД. URL: http://www.metran.ru/netcat_files/350/272/h_bfe64767c18229fb87e17428c381945c (дата звернення 28.04.2022 р.)

16. Технічна інструкція на ультрафіолетовий датчик реле контролю полум'я ПАРУС-003Ц-УФ.

URL: http://www.gorelki.com/desc.shtml?what=82_351#desc (дата звернення 28.04.2022 р.)

17. Технічна інструкція на блок контролю полум'я двохканальний з пристроєм автоматичного розпалу типу БКП-2Р. URL: http://ukrecenter.at.ua/load/kvp_i_a/priladi_kontrolju_polum_96_ja_ta_pristroji_u_pravlinnja_rozpalom/blok_kontrolju_polum_39_ja_dvokhkanalnij_z_pristroem_avtomatichnogo_rozpalu_tip_bkr_2r/10-1-0-11 (дата звернення 28.04.2022 р.)

18. Технічна інструкція на ручний задавач РЗД-22.

URL: <http://ukreenergy.com.ua/rzd-12-rzd-22.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

19. Технічна інструкція на кулачковий перемикач серії ПМОФ. URL: http://ekb.pulscen.ru/products/pereklyuchatel_pmov_2980205 (дата звернення 28.04.2022 р.)

20. Технічна інструкція на пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М. URL: <http://ukreenergy.com.ua/pbr-2m.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

21. Технічна інструкція на датчик положення. Режим доступу: <http://www.festo.com/net/Supportportal/Files/195563/8022219r1.pdf> (дата звернення 28.04.2022 р.)

22. Технічна інструкція на покажчик положення дистанційний ДУП-М. URL: <http://www.gortehinvest.com/puskovie-upravlyaiuschie-ustroystva-msp/dup-m-ukazatel-polozheniya-distantsionniy.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

23. Технічна інструкція на МЕО-100/25. URL: <http://www.pribor-opt.ru/meo/meo100.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

24. Технічна інструкція на лампа комутаторна КМ 24-90. URL: <http://www.medkv.ru/lampa-km-24-90.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

26. Технічна документація на моторне реле часу РВМ-12 URL: <http://www.ua.all.biz/rele-vremeni-motornoe-rvm-12-g1476673> (дата звернення 28.04.2022 р.)

27. ПІ-регулятор URL: <http://autoworks.com.ua/teoreticheskie-svedeniya/pi-regulyator/> (дата звернення 28.04.2022 р.)

28. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації : Конспект лекцій для студентів спеціальності “Автоматизоване управління технологічними процесами”. Запоріжжя : ЗДІА, 2002. 330 с.

29. Ніколаєнко А.М., Міняйло Н.О. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації : навч.-методич. посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2001. 419с.

30. Элемер. Каталог продукции 2020 (дата звернення 28.04.2022 р.)

31. Modicon Quantum URL: <http://www.schneider-electric.ua/> (дата звернення 03.05.2022 р.)

33. Программирование контроллеров MODICON-TSX-QUANTUM: Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Интегрированные системы проектирования и управления" (дата звернення 05.05.2022 р.)

34. Гігієнічній класифікації праці № 4137-86. Списку №1 п.1

35. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДНС 3.3.6.042-99.

36. Державними Будівельними Нормами України ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення»

37. Опис сірчистого ангідриду та його основні характеристики. URL: http://vseslova.com.ua/word/%D0%A1%D1%96%D1%80%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0%B4-96397u (дата звернення 17.05.2022 р.)

38. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Піскун І.П. Охорона праці : підручник. Суми, 2009. 515 с.

40. СНиП 23-05-95 .Естественное и искусственное освещение. URL: http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Svet_pr/Norm_4/SNIP_95.htm (дата звернення 10.06.2022 р.)

41. Нормування різних видів освітлення. URL: http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Svet_pr/Norm_4/IV_4_norm.htm (дата звернення 10.06.2022 р.)

42. Баріщенко О.М., Овчинникова І.А. Контрольна робота з дисципліни “Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень” : методичні вказівки

для студентів ЗДІА спеціальності 7.092501 “АУТП”. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 26

с.