

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Кафедра електричної інженерії та електротехнічних систем
(назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

Перини (Дипломна робота)

(назва виду роботи)

на тему Проект автоматизованої термічної камери пелі з
перини пелі в умовах шкідливого виробництва
система автоматичного регулювання витрат природного газу

Виконав: студент 5 курсу, групи АКІТ-18-183
спеціальності 51, Автоматизація та
комп'ютерна інженерія
(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Автоматизація та
комп'ютерна інженерія
(назва освітньої програми)

Дмиришва Юрій Володимирович
(підпис та прізвище)

Керівник К. М. Н., доц. Свистунікова В. А.
(підпис, місце занять, науковий ступінь, звання та ініціали)

Рецензент Заст. директора ТОВ "Літера"
(підпис, місце занять, освітній ступінь, звання та ініціали)

Заст. директора Край О. С.

Запоріжжя 2022

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

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 151. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Спеціалізація _____
Освітня програма _____

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 20 _____ року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Димитришин Ігор Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Проект автоматизації термічної камери поті з керуванням кодами в умовах металургійного виробництва. Система автоматизованого управління витратом природного газу
керівник роботи Свишчкова Ірина Іванівна, канд. техн. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «29» листопада 2022 року № 1894-с
- Строк подання студентом роботи 12.05.2023 р.
- Вихідні дані до роботи технічна документація, технічний інструкції, дані, отримані під час попереднього виробничого практики
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації, розробка технічної задачі, проектування системи автоматизації
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Функціональна схема автоматизації, принципові електричні схеми монтажна - комп'ютерна схема, загальний вигляд щита, схема зовнішніх з'єднань

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання визнач	завдання приняті
1	Обишнікова І.А., доцент	<i>Юрми</i>	<i>Юрми</i>
2	Обишнікова І.А., доцент	<i>Юрми</i>	<i>Юрми</i>
3	Обишнікова І.А., доцент	<i>Юрми</i>	<i>Юрми</i>
4	Обишнікова І.А., доцент	<i>Юрми</i>	<i>Юрми</i>
5	Обишнікова І.А., доцент	<i>Юрми</i>	<i>Юрми</i>
6	Обишнікова І.А., доцент	<i>Юрми</i>	<i>Юрми</i>
7	Обишнікова І.А., доцент	<i>Юрми</i>	<i>Юрми</i>
8	Обишнікова І.А., доцент	<i>Юрми</i>	<i>Юрми</i>

7 Дата видачі завдання 20 березня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Сітка здійснення етапів роботи	Примітка
1	Визначення особливостей технічного проекту	20.03 - 26.03 2023р.	
2	Аналіз стану об'єкту та існуючих систем автоматизації	27.03 - 02.04 2023р.	
3	Возродження технічного завдання	03.04 - 09.04 2023р.	
4	Модельовання САР	10.04 - 16.04 2023р.	
5	Лідер технічних завдань автоматизації СЕС системи керування	17.04 - 23.04 2023р.	
6	Визначення техніко-економічних показників проекту	01.05 - 07.05 2023р.	
7	Возродження презентації роботи, проходження порижіватрале	08.05 - 12.05 2023р.	
8	Підготовка доповіді	22.05 - 28.05 2023р.	

Студент *Діт* *Дмитриченко Ю.В.*
(підпис) (підпис та прізвище)

Керівник роботи (проекту) *Юрми* *Обишнікова І.А.*
(підпис) (підпис та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *Юрми* *Обишнікова І.А.*
(підпис) (підпис та прізвище)

РЕФЕРАТ

На пояснювальну записку кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Проект автоматизації термічної камерної печі з нерухомим подом в умовах металургійного виробництва. Система автоматичного регулювання витрат природного газу», яка включає 99 стор. машинописного тексту, 18 рис., 22 табл., 27 найменувань переліку посилань, додаток на 3 аркушах.

Метою роботи є розробка системи автоматизації процесом термічної обробки зливків у камерній печі.

У загальній частині дана характеристика термічної камерної печі з нерухомим подом, та описаний технологічний процес термічної обробки. Розглянуто існуючий рівень автоматизації та виявлені недоліки діючої системи.

У спеціальній частині розроблена функціональна схема автоматизації колодязя, вибрані технічні засоби автоматизації, приведені розрахунки регулюючого органу та виконавчого механізму. Розроблені принципова електрична, монтажна комутаційна схеми, схема зовнішніх з'єднань і спроектовано приладову шафу КВПіА.

У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів на території металургійного підприємства, 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.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, НАГРІВАЛЬНИЙ КОЛОДЯЗЬ, ІНФОРМАЦІЙНІ ПОТОКИ, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, КОНТУР УПРАВЛІННЯ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, КОНТРОЛЕР, ТЕРМОПАРА, ТРУБОПРОВІД

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО АГРЕГАТУ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	9
1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи.....	9
1.2 Технологічний процес ,як об’єкт автоматизації.....	14
1.3 Аналіз рівня автоматизації на діючому виробництві.....	19
1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків.....	21
1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах підприємств України.....	22
1.6 Недоліки існуючої системи управління.....	23
2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	25
2.1 Вимоги до системи в цілому.....	25
2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи.....	25
2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу.....	26
2.1.3 Вимоги до надійності.....	26
2.1.4 Вимоги до безпеки.....	27
2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження елементів системи.....	28
2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого Доступу.....	29
2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях.....	30
2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів.....	30
2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації.....	30
2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою.....	31
2.3 Вимоги до видів забезпечення.....	32
2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення.....	32
2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення.....	33
2.3.3 Вимога до програмного забезпечення.....	33

2.3.4	Вимоги до технічного забезпечення.....	34
2.3.5	Вимоги до метрологічного забезпечення.....	34
2.3.6	Вимоги до організаційного забезпечення.....	34
3	ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	36
3.1	Вибір та обґрунтування функціональної структури СА.....	36
3.2	Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру.....	37
3.3	Вибір (розробка) математичної моделі системи управління.....	38
3.3.1	Дослідження динамічних та статичних характеристик об'єкта управління.....	38
3.3.2	Перевірка САР на грубість.....	39
3.4	Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня.....	43
3.4.1	Первинні перетворювачі ,вторинні прилади.....	43
3.4.2	Промислові контролери.....	46
3.4.3	Виконавчі механізми та регулюючі органи.....	56
4	РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.....	65
4.1	Функціональна схема автоматизації системи управління нагрівом злитків.....	65
4.2	Принципова електрична схема. САР температури робочого простору.....	67
4.3	Принципова електрична схема живлення.....	67
4.4	Монтажна комутаційна схема приладової шафи	68
4.5	Зовнішній вигляд щита та вид на внутрішній панелі.....	69
4.6	Схема зовнішніх з'єднань.....	70
5	РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	71
5.1	Розрахунок параметрів наближеним методом.....	71
5.2	Повний розрахунок параметрів надійності.....	73
6	ЗАМОВНА СПЕЦІФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	78
7	ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ	

АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....	79
7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації.....	79
7.2 Розрахунок техніко-економічних показників.....	80
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА.....	83
8.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих факторів в прокатному цеху.....	83
8.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	85
8.3 Виробнича санітарія.....	86
8.3.1 Освітлення.....	86
8.3.2 Вентиляція.....	87
8.3.3 Мікроклімат.....	87
8.4 Електробезпека	88
8.5 Пожежна безпека.....	89
ВИСНОВКИ.....	93
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	94
ДОДАТОК А.....	

ВСТУП

Умови безпечної та надійної роботи термічної камерної печі з нерухомим подом вимагають, щоб витрата палива підтримувалася у визначених межах. Недотримання цих вимог може призвести до перевитрати палива та перегріву злитку металу, що стане причиною виходу з ладу термічної печі.

За мету створення САР термічної камерної печі з нерухомим подом поставлено підвищення надійності та якості роботи як окремої печі, так і її ділянки в цілому, яка повинна підтримувати значення необхідних технологічних параметрів в допустимих межах, тим самим забезпечуючи якісну, ефективну та економічну роботу агрегатів.

Етапом удосконалення виробничих процесів у термічних камерних печах з нерухомим подом є їхня автоматизація.

Завдяки автоматизації в сучасному виробництві можна:

- 1) позбутися помилок персоналу при виконанні операцій в заданій послідовності;
- 2) забезпечити необхідний рівень безпеки та збільшити точність підтримки контрольованих параметрів;
- 3) забезпечити економію витратних матеріалів та витрати на обслуговування системи;

Таким чином, введення автоматизації дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії всієї системи взагалі.

Термічні камерні печі з нерухомим подом найбільш придатними для термообробки злитків великих розмірів. Це пояснюється тим, що для прискорення і отримання високої якості нагріву злитків великої маси і великих розмірів необхідно гріти з чотирьох сторін, розташовуючи їх вертикально.

1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО АГРЕГАТУ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи

Камерна піч зі стаціонарним подом - піч періодичної дії. Головним завданням такої печі є нагрів металу при оптимальному спалюванні палива і максимальної продуктивності.

Широке застосування камерних термічних печей зумовлене їхньою універсальністю по режимах, що виконуються, і видам термообробки, формі й розмірам продукції, що обробляється.

Камерна термічна піч зі стаціонарним подом - це піч, у якій завантаження і вивантаження металу відбувається за рахунок механічних пристроїв, розташованих за межами печі. Ця піч не має тих втрат теплоти, які є в печі з вихотним подом при завантаженні металу в піч. Але, з іншого боку, завантаження металу в піч із зовнішньою механізацією ускладнені. Звичайно для великих печей використовується потужна напільна завантажувальна машина, що переміщується по рейках уздовж торців завантаження ряду печей і обслуговує ці печі [17].

Принцип роботи печі наступний. Перед завантаженням готують садку, тобто укладають на спеціальні підставки (бугеля). Далі лапи напільної машини пропускаються під бугеля і вся садка повністю відвозиться напільною машиною до потрібної печі. У печі піднімається заслінка і на лапах напільної машини садка заноситься в піч. Після цього лапи опускаються в спеціально передбачені поглиблення в черені, передаючи садку поду, і витягаються з печі. Заслінка закривається. Бугеля, на які укладалася садка, залишаються в печі на увесь час термообробки, використовуються багаторазово й тому вони виконуються з жароміцної сталі. Після завантаження садки включаються пальники в топках під подом. Продукти горіння, що утворилися, проходять під подом і надходять у

робочий простір. Через рециркуляційний канал у підподову топку підсмоктуються гази з робочого простору печі. У результаті цього знижується рівень температури газів, що виходять у робочий простір, і забезпечується інтенсивна циркуляція продуктів горіння [4].

Термічна піч періодичної дії, площею поду 18,3 м², призначена для високого відпуску, відпалу і нормалізації сортового прокату. Піч являє собою камеру з арковим склепінням шириною 2560 мм, висотою 1360 мм і довжиною 7065 мм із підподовими топками.

Характеристики печі:

- 1) призначення печі - термообробка;
- 2) повна площа печі – 18,3 м²;
- 3) продуктивність печі - 0,48 - 1,63 т/ч;
- 4) теплова потужність - 4,4 - 11,5 млн. ккал/цикл;
- 5) паливо - природно-доменна суміш або природний газ;
- 6) нижча теплотворна здатність суміші або газу – 1650 або 1600 ккал/м³ відповідно;
- 7) тиск повітря перед піччю – 300...450 кгс/м²;
- 8) вироби, що нагріваються:
 - назва - коло, квадрат, смуга;
 - розміри: квадрат, смуга – 8...300 мм, 20...40 мм, 80...350 мм;
 - перетин - 8...180 мм;
 - довжина - до 6000 мм;
 - марка сталі - вуглеводневі, леговані;
- 9) садка в печі - прямокутної форми, габаритні розміри 1300x1400x6000 мм, максимальна вага садки - 26 т;
- 10) температура металу, що нагрівається, при посаді - 20 °С, при видачі 560-860 °С;
- 11) спосіб нагріву - відкритий нагрів продуктами горіння;
- 12) наявність контрольно-вимірювальних приладів - КВП і автоматика;
- 13) відсутність примусової циркуляції газів у печі;

- 14) відсутність захисних газів;
- 15) тип опалювальних пристроїв - «Труба в трубі», ЧПС-НТ;
- 16) відсутні пристрої для підігріву повітря й газу для згорання палива;
- 17) спосіб видалення з печі окалини (шлаків) - сухий, ручний;
- 18) періодичність чищення від окалини (шлаків) - 2 рази на місяць.

Як паливо в печі використовується природно-доменна суміш із об'ємною теплою згорання 1650 ккал/м^3 при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$, що спалюється в 5-ти пальниках типу «труба в трубі», розташованих нижче поду печі із правої сторони на печах № 9, 10, 18, 20, 22-24 і з лівої сторони на печах № 12, 16, 17, 19. Параметри пальників типу «труба в трубі» представлені в таблиці 1.1.

Таблиці 1.1 - Параметри пальників типу «труба в трубі»

Найменування	Одиниці виміру	Показники
тип		«труба в трубі»
паливо		природно-доменна суміш
продуктивність по газі		
проектна	нм/ч	150
фактична	нм/ч	5...100
тиск фактичний в пальника газу	мм вод. ст.	100...150
повітря	мм вод. ст.	120...180
температура в пальнику		
газу	$^\circ\text{C}$	20
повітря	$^\circ\text{C}$	20
Коефіцієнт надлишку повітря		1,16

Склад сухого газу :

$\text{CO} - 9\%$; $\text{CO}_2 - 15\%$; $\text{H}_2 - 15\%$; $\text{CH}_4 - 7\%$; $\text{C}_n\text{H}_n - 0.75\%$; $\text{O}_2 - 0.25\%$;
 $\text{N}_2 - 43\%$; $\text{H}_2\text{S} - 0\%$;

Теплотворність робоча – 1650 ккал/нм^3 ;

Тиск газу перед піччю - $350\text{-}500 \text{ мм вод. ст.}$;

Тиск повітря перед піччю - 300-450 мм вод. ст.

Видалення димових газів виконується через вікна, розташовані на рівні поду між пальниками і далі через вертикальні канали нагору в димові канали над піччю, для поліпшення прогріву низу садки частина продуктів згорання відводиться через димові канали, розташовані в подині печі, а потім в індивідуальну димову металеву трубу, що виходить через покрівлю цеху. Параметри цієї труби представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 2.2 - Параметри димаря

Найменування	Одиниці виміру	Показники
Висота стовбура труби	м	22,5
Внутрішній діаметр в устя	мм	600
у підставі	мм	600
Матеріал труби (стовбура)		ст. 3
Температура в підставі труби	°С	230
Розрідження в підставі труби	мм вод. ст.	30

Подача повітря на горіння здійснюється вентустановкою (таблиця 1.3), що складається з 2-ух вентиляторів (однин резервний), типу ЦАГІ № 8.

Таблиця 2.3 - Параметри вентустановки

Найменування	Одиниці виміру	Показники
Призначення		подача повітря на горіння
Тип по каталозі		ЦАГІ
Серія по каталозі		№8 Ц9-55
Тип передачі від електродвигуна		пряма
Число оборотів вентилятора двигуна	про/хв про/хв	1460 1460
Наявність водяного		немає

охолодження		
Потужність електродвигуна	кВт	35
Кількість вентиляторів		1 робітник, 1 резервний
Тиск	кгс/м ²	300
Продуктивність	м ³ /год	26000

Додаткове устаткування для обслуговування печі - напільна завантажувальна машина - 2 шт. на групу печей, максимальна вантажопідйомність 25 т.

Таблиця 1.4 - Експлуатаційні показники роботи печі № 20

Найменування	Одиниці виміру	Показники
Продуктивність печі	т/год	0,72
Питома продуктивність печі	кг/м ² год	39,34
Витрата матеріального палива (середньогодинна)	нм ³ /год	286
Витрата тепла за цикл	ккал	11,4 *10 ⁶
Питома витрата тепла	ккал/кг	635
Питома витрата умовного палива	кг у.т. / т	90,9
Тепловий ККД печі	%	19,39
Коефіцієнт використання палива (КВП)	%	64,35
Угар металу по печі (по всаду)	%	2

Експлуатаційні показники роботи печі в режимі відпалу при $t_{cp} = 840^{\circ}\text{C}$, тривалість знаходження металу в печі 25 ч, марка стали 4Х5ФС, вага садки 18 т.

1.2 Етапи роботи термічного цеху

Термічний цех складається з ділянки печей, вагової і ділянки ад'юстажної обробки.

Пічний проліт термічного цеху ДСС включає двадцять шість печей, призначених для термообробки.

Термічна обробка - найпоширеніший у сучасній техніці спосіб поліпшення властивостей виробів з металів і сплавів. Її застосовують як проміжну операцію для поліпшення технологічних властивостей і як остаточну операцію для додання виробам такого комплексу механічних, фізичних і хімічних властивостей, що забезпечує необхідні експлуатаційні характеристики виробу.

Термічною обробкою металів і сплавів називається сукупність операцій нагріву, витримки й наступного охолодження, з метою зміни структури й створення в металів і сплавів необхідних властивостей: міцності, твердості, зносостійкості, необхідної обробці різанням, або особливих хімічних і фізичних властивостей, а також зміни у них напруженого стану.

З діаграми стану залізо-вуглець структура доєвтектоїдній сталі зі змістом вуглецю менш ніж 0,8 % при нагріванні до температури A_{c1} складається із зерен перліту й феріту. В точці A_{c1} відбувається перекристалізація перліту, тобто відбувається перетворення перліту в дрібнозернистий аустеніт. При подальшому нагріванні від температур A_{c1} до A_{c3} надлишковий феріт розчиняється в аустеніті й при досягненні температури A_{c3} перетворення закінчуються. Вище крапки A_{cm} структура сталі складається тільки з аустеніту.

У такий же спосіб відбувається перетворення при нагріванні заєвтектоїдній сталі, але з тією лише різницею, що вище температури A_{c1} в аустеніті починає розчинятися надлишковий цементит. Вище крапки A_{c3} структура складається тільки з аустеніту.

Для одержання необхідної структури і створення в металів і сплавів необхідних властивостей, застосовують різні види термообробки: відпал, загартування, відпуск, старіння й т.д.

Найпоширенішим видом термічної обробки сортового прокату є відпал з метою проведення повної фазової перекристалізації, що забезпечить одержання необхідної твердості й оптимальної структури, що створюють найкращі умови для обробки сталі різанням.

Відпал - це первинний і один з найважливіших видів термічної обробки, при якій сталь нагрівають до певної температури, витримують при цій температурі й потім повільно охолоджують разом з піччю.

Відпал застосовують для зняття внутрішніх напружень, підвищення механічних властивостей металу, поліпшення оброблюваності різальним інструментом, зниження твердості й для підготовки структур до подальшої термічної обробки.

Відпал сталі, як відомо, складається із трьох етапів: нагрів до заданої температури, витримки при температурі нагріву, охолодження по тому або іншому режиму.

Температура нагріву залежить від сполуки сталі і її вибирають так, щоб вона на 20...40 °С перевищувала положення верхньої критичної крапки Ас3. Для сталей найпоширеніших типів застосовують наступну температуру нагріву °С:

Шарикопідшипникова.....	780... 820
Інструментальна вуглецева.....	45... 820
Інструментальна легована.....	30... 880
Швидкорізальна.....	880... 900

Швидкість досягнення кінцевої температури нагріву не обмежується, але звичайно вона становить 100 °С/год. Час витримки вибирають так, щоб встигли завершитися всі ті перетворення, які є метою термічної обробки. Мається на увазі, що витримку варто проводити після вирівнювання температури по товщині садки металу. У садочних печах вирівнювання

температури садки наступає після 10 - 12 годин із моменту початку нагріву. Після цього проводять витримку впродовж 2 – 3 годин.

Швидкість охолодження металу при проведенні відпалу лімітується тільки до 550 – 600 °С, щоб всі перетворення аустеніту були закінчені в перлітній області. Це охолодження звичайно здійснюється зі швидкістю 20 – 30 °С/год. У такий спосіб весь цикл відпалу сортового прокату займає 18 – 24 годин.

Залежно від температури нагріву і призначення розрізняють наступні види відпалу: повний, неповний, відпал на зернистий перліт, ізотермічний, дифузійний та ін.

Повний відпал застосовують головним чином після гарячої обробки деталей (кування й штампування), а також для обробки лиття з вуглецевих і легованих сталей. Основною метою повного відпалу кутих і литих деталей є здрібнювання зерна - додання металу необхідної твердості для поліпшення його обробки різанням і усунення внутрішніх напружень. Це досягається нагрівом, що не перевищує 20...40 °С верхньої критичної крапки Ас3 і повільним охолодженням.

Час витримки при температурі відпалу звичайно складається із часу, необхідного для повного прогріву всієї маси деталей, і часу, потрібного для закінчення структурних перетворень.

Після нагріву і відповідної витримки сталь повільно охолоджують разом з піччю. Вуглецеві сталі охолоджують зі швидкістю 50-100 °С за годину до температури 580-600 °С. Низьколеговані сталі охолоджують у печі зі швидкістю 30-60 °С за годину до 500-600 °С.

Якщо до відпалу структура сталі була задовільна, але сталь мала підвищену твердість і в деталях були внутрішні напруження, то доцільно застосовувати неповний відпал. При неповному відпалу нагрів сталі проводять в інтервалі критичних температур вище Ас1 і нижче Ас3. Внутрішні напруження знімаються повністю, і сталь одержує знижену твердість і добре обробляється різальним інструментом [5].

Термічна обробка, при якій після нагрівання на 30-50 °С вище верхніх критичних крапок A_{c3} і A_{cm} і після витримки потрібне охолодження на повітрі, називається нормалізацією. Нормалізацією усувають внутрішні напруження й наклеп, підвищують механічні властивості й підготовляють структуру сталі для остаточної термічної обробки.

Нормалізація сталі в порівнянні з відпалом є більш коротким процесом термічної обробки, а отже, і більш продуктивним. Тому вуглецеві сталі доцільно піддавати нормалізації, а не відпалу.

Відпуск - називають таку операцію термічної обробки, при якій загартовану сталь нагрівають до температури нижче критичної крапки A_c , а потім охолоджують.

Залежно від необхідних властивостей сталі розрізняють три види відпуску: низький, середній і високий.

Низький відпуск здійснюється при температурі 150-200 °С, він знижує внутрішні напруження, але зберігає високу твердість загартованих деталей.

Низький відпуск застосовують для обробки ріжучого й вимірювального інструмента, виготовленого з вуглецевих і мало легованих сталей, шарикопідшипникових кілець, кульок і роликів, цементованих і планованих деталей.

Середній відпуск здійснюється при температурі 350-450 °С. Середньовуглецева сталь здобуває значну пружність, твердість і підвищену опірність дії змінних і ударних навантажень.

Високий відпуск здійснюється при температурі 500-650 °С. У результаті такого відпуску сталеві деталі одержують певний комплекс характеристик. При високому відпуску сталь здобуває високу міцність й гарну в'язкість [6].

На ваговій ділянці відбувається прийом металу, його зважування, пакетування (формування садок) і розподіл по печах.

На ділянці адьюстажа проводиться адьюстажна обробка, що призначена для поліпшення якості поверхні й підвищення точності розмірів профілю, для видалення знеуглецьованого шару й додання продукції товарного виду, що

відповідає вимогам НД. Під технологічною схемою адьюстажної обробки металу розуміється сукупність операцій, виконання яких обов'язково при виготовленні певного виду продукції.

Основними операціями обробки металу є виправлення, травлення, світлення, вибіркоче й часткове зачищення поверхневих дефектів, обробка торців (обрізка, зачищення заусенець), контроль якості, сортування, зважування, консервація й упакування.

Виправлення призначене для додання продукції прямолінійності по НД і забезпечення можливості подальшої адьюстажної обробки. Виправлення здійснюють на правильних машинах.

Травлення прутків призначене для виявлення поверхневих дефектів і оцінки якості поверхні.

Світлення прутків призначено для визначення поверхневих дефектів і оцінки якості поверхні. Застосовують світлення поверхонь «змійкою» і у вигляді кілець.

Зачищення заусенець (шліфування) призначено для видалення поверхневих дефектів і зневуглецьованого шару.

Обрізку дефектних кінців роблять для додання продукції товарного виду.

Сортування, контроль якості й таврування металу роблять на інспекторських столах. Перед упакуванням продукцію зважують.

Конструкційні, інструментальні, підшипникові, швидкорізальні й нержавіючі сталі піддаються різному сполученню операцій адьюстажної обробки, що терміст зобов'язаний дотримувати.

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві

На початку 90-х років ХХ століття в Інституті проблем управління РАН був проведений аналіз основних цілей створення засобів і систем управління

на передових металургійних заводах світу, що показав, що розподіл цих засобів по цілям приблизно наступний:

- управління якістю продукції - 32 %;
- енергозбереження та економія ресурсів - 25 %;
- забезпечення безпеки процесів - 14 %;
- забезпечення заданої продуктивності - 12 %;
- допомога обслуговуючому (оперативному) персоналу різних рівнів управління агрегатами, установками, комплексами, цехами й т.п. - 11 %;
- інші цілі - 6 %.

Реальна ситуація на металургійних заводах України різна. Однак, енергозбереження, екологічність і економія ресурсів далеко не завжди відносяться до головних цілей управління на вітчизняних металургійних підприємствах, хоча основна тенденція розвитку світової чорної металургії полягає саме в рішенні завдань своєї тріади “Енергія, екологія, економіка”.

Рішення зазначених завдань повинне проводитися у взаємозв'язку з іншими завданнями автоматизованого управління в контурі інтегрованих автоматизованих систем управління (ІАСУ).

Слід зазначити, що ще на початку 70-х років ХХ століття в Інституті проблем управління (ІПУ) РАН були розроблені основні положення створення ІАСУ металургійних підприємств, однак, загальне відставання СРСР у рівні розвитку засобів автоматизації й обчислювальної техніки не дозволило в 70-80-х роках створити на якому-небудь підприємстві повномасштабну інтегровану систему, що виконує всі зазначені функції.

Сьогодні, з огляду на економічну ситуацію в Україні, непросте фінансове становище більшості металургійних заводів, необхідно звернути увагу на розробку, в першу чергу, компонентів ІАСУ, що вирішують найважливіші на сьогоднішній день завдання, із зазначених вище, а потім інтегрувати ці компоненти з найменшими витратами (і не тільки матеріальними).

Як слідує з наведених вище результатів аналізу, у цей час спостерігається все більша увага до питань енергозбереження й екологічної безпеки (екологічності) металургійних процесів. Відповідно, використання для цих цілей засобів комп'ютерних і інформаційних технологій стає все більше актуальним.

Визначається це двома обставинами.

По-перше, самі сучасні комп'ютерні засоби й побудовані на їхній основі системи автоматизації та управління здатні вирішувати зазначені завдання, якщо вони задаються спеціальними критеріями їхнього функціонування.

По-друге, розробляються й починають пропонуватися для впровадження у виробництво різні нові технологічні процеси, установки, агрегати й комплекси, що сприяють рішенню завдань енергозбереження й екологічності, експлуатація яких неможлива без застосування нових комп'ютерних і інформаційних технологій і засобів їхньої реалізації.

Виникло поняття енерго-екологічної якості виробництва, до підвищення якого прагнуть розробники технологічних процесів, технологічного устаткування, систем управління і менеджери різних рівнів, відповідальні за бізнес-процеси в галузі й на конкретних підприємствах.

Стрімке зростання цін на енергоресурси змушує розглядати енергозбереження як потужний резерв підвищення конкурентоспроможності металопродукції України на світовому ринку.

Проблема енергозбереження є комплексною, пов'язаною з рішенням соціальних, економічних, технологічних, екологічних і інших питань.

У період кризи роль управління й організації виробництва істотно зростає. При стабільній економіці ефект енергозбереження від підвищення рівня управління оцінений різними експертами від 5...10 до 30 %, а в цей час в умовах України близько 75 % перебільшення витрати енергії на виробництво металу викликано виниклими складнощами управління виробництвом.

Для принципово нових способів і технологій виробництва й обробки сталі, що забезпечують екологічність і меншу енергоємність, роль засобів автоматизації, комп'ютерних і інформаційних систем усе більше зростає.

Досвід провідних підприємств показує, що використання комп'ютерних моделей, що відбивають специфіку технологічних процесів, дозволяє розробляти ефективні підходи до створення систем управління, що вирішують у числі найважливіші завдання енерго- і ресурсозбереження. Такий досвід реалізований, зокрема, у системі СУЕТ (Система Управління Енергозберігаючою Технологією) для листових станів гарячої прокатки, що використовують сляби, що надходять із нагрівальної печі [1].

1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків

Управління технологічним процесом - інформаційний процес, що забезпечує виконання будь-якого матеріального процесу і досягнення певних цілей.

Точність інформація про хід технологічного процесу й достовірність передача її операторові, визначає виконання заданих режимів термообробки.

Таким чином, для якісного ведення процесу нагрівання металу необхідно мати уявлення про процес, як про систему матеріальних (рис. 1.2) і інформаційних (рис. 1.1) потоків усередині цієї системи.

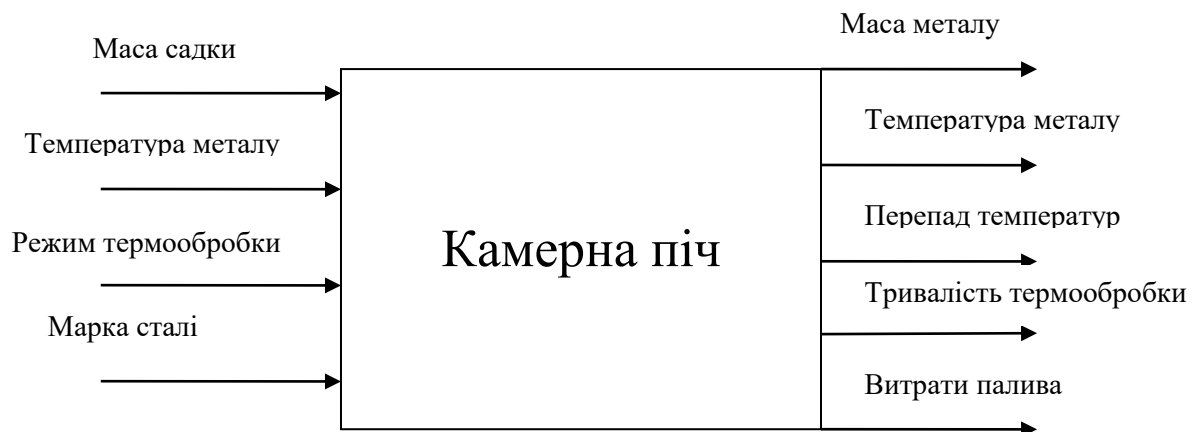


Рисунок 1.1 - Схема інформаційних потоків камерної печі

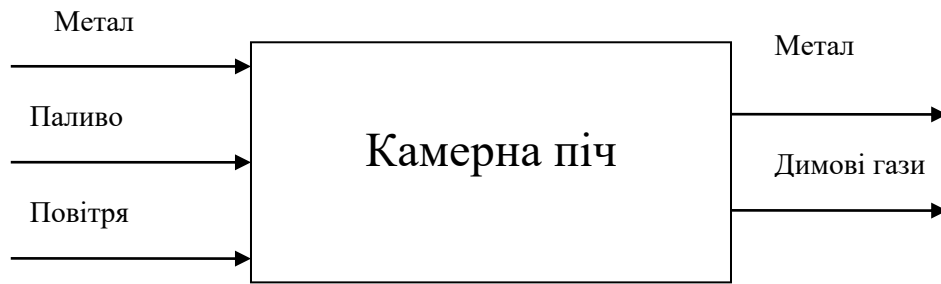


Рисунок 1.2 - Схема матеріальних потоків камерної печі

Вихідний матеріал, що надходить на об'єкт управління - сортовий прокат - матеріальний потік, кінцева продукція - термічнооброблений метал. На об'єкт, крім сортового прокату подаються - енергетичні потоки, газ і повітря, а видаляються димові гази.

1.5 Недоліки існуючої системи управління

Основним недоліком існуючого рівня автоматизації є застаріле обладнання яка не замінювалося ще з радянських часів. У зв'язку з цим існує велика загроза аварійної ситуації. Яскравим прикладом є системи відсічення газу і повітря при відкриванні печі. Данна система не функціонує вже 20 років, а вся відповідальність за безпеку персоналу залежить від людського фактора.

Крім виникнення аварійних ситуацій застаріле обладнання сприяє величезним втратам палива.

Використання в системі реєструючих самописців ДИСК-250 та промислових регуляторів МІК-21 і МІК-20 для візуального контролю над технологічним процесом і з подальшим записом даних у спеціальний журнал є недоцільним і незручним для оператора.

Використання наприклад сучасного пристрою МЕТРАН-900 , якому під силу обслуговувати всю систему автоматизації одного нагрівального колодязя, являє собою більш зручний спосіб експлуатації. Крім графічного

перегляду на дисплеї реєстратора, передбачено роздрук даних у цифровому вигляді завдяки прямого підключенню принтера до приладу або передачі всієї інформації на ПК.

1.6 Шляхи вдосконалення роботи термічних печей

До особливостей роботи термічних камерних печей можна віднести істотні розходження садок однієї від іншої як по числу злитків, виробів по масі, геометричним розмірам і формі, по марці сталі, температурі посаду й початковій температурі печі, так і по виду теплової обробки. Тому важливим є формування садки. Доцільно формувати садку і по термічній масивності виробів, визначати способи укладання з умови максималізації площі теплопоглинаючої поверхні. Відомо, що управління пиччою здійснюють, виходячи з найбільш прогрітих частин садки, а витримку закінчують по температурі найменш прогрітих ділянок. Маса садки повинна відповідати проектній потужності, не допускаючи недовантажень [17].

Температурні графіки термообробки виробів, як правило, багатоступінчасті, передбачають кілька періодів нагрівання, витримки й охолодження. Основний час займають періоди витримки, необхідні для вирівнювання температури в об'ємі окремого виробу і забезпечення стандартності нагріву. Під час витримки також протікають процеси рекристалізації, структурні перетворення й т.д., що становлять суть термообробки. На сьогодні тривалість періодів витримки задається апріорно, виходячи з маси садки. Уважається, що на одну тонну садки необхідний певний (0,5 - 1 год.) час витримки. Резерв для скорочення часу витримки, а, отже, і витрати палива, складається в додатковому квантуванні часу витримки залежно від фактичного стану системи «гріючі газы - садка - кладка печі» і фактичної маси садки. Для чого необхідний моніторинг процесу термообробки, підвищення точності оцінки маси садки. Для забезпечення

моніторингу теплового стану виробів необхідні математичні моделі з настроюванням безпосередньо в процесі термообробки [2].

До істотної економії палива може привести зниження частки теплоти, що іде на розігрів кладки в процесі підйому температури на початку нагріву, що пов'язане з її масивністю й періодичністю роботи печі, обумовленої заданим графіком нагріву. Наприклад, у загальному тепловому балансі, витрата теплоти акумульованої кладкою в камерній печі фасонно-сталеливарного цеху (ФСЛЦ) відповідно до балансових випробувань досягає 28 %. Таким чином, коефіцієнт корисної дії в камерній печі рідко досягає 25 % .

Тому, економічно доцільно завантаження печей робити безпосередньо після вивантаження садки, так, щоб температура в печі становила $300 \div 400$ °С. А тому що простої камерних печей, у зв'язку зі сформованою ситуацією на ринку металургії, становлять значну частину часу роботи печей, аж до 40 - 50 %, то з'являється необхідність у прогнозуванні роботи термічних печей цеху [2].

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Вимоги до структури та функціонування системи АСУТП повинна відповідати ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення.

Загальні вимоги "Система повинна складатися з декількох рівнів:

- локальний рівень;
- рівень виробництва;
- верхній рівень.

На локальному рівні необхідне виконання наступних завдань:

- перетворення вимірюваних параметрів в електричний сигнал;
- управління виконавчими пристроями;
- реалізація блокувань і аварійного захисту;
- погодження сигналів від датчиків з входами в ПЗО.

При аварійних ситуаціях має спрацьовувати світлова та звукова сигналізація.

Завдання на рівні підсистемного виробництва:

- збір та обробка інформації яка надходить від технологічної системи;
- періодичне опитування датчиків стану; прийом та передача інформації від інших систем;
- виявлення відхилень технологічних параметрів від регламентуючих значень;
- реалізація завдань програмно-логічного управління технологічним процесом.

Частота опитування датчиків температури, витрати становить 1 хвилину. Період опитування датчиків тиску в робочому просторі печі, а також датчиків тиску на трубопроводах газу та повітря становить 1 секунду.

На верхньому рівні повинен бути реалізований візуальний доступ до інформації про об'єкт, а також необхідно здійснювати розрахунок режимів роботи технологічного агрегату і його витрати на ресурси. Повинна проводитися видача звітних документів. Інформація на засобах відображення оновлюється з частотою, що відповідає періоду опитування датчиків, з яких вона надходить. Видача керуючих впливів на виконавчі механізми проводиться з частотою, що відповідає періоду опитування датчиків. Тривалість зберігання інформації з передісторії процесу становить 8 годин.

2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу

Персонал автоматизованої системи відповідно до ролі, виконуваної ним в процесі функціонування Системи, ділиться на 2 основні категорії: оперативний (технологічний) персонал і експлуатаційний (обслуговуючий) персонал. Оперативний персонал повинен складатися з:

- 1 начальника зміни;
- 2 технологів;
- 1 начальник цеху.

Обслуговуючий персонал підрозділу АСУТП повинен пройти відповідне навчання. Для обслуговування системи необхідно:

- 1 начальник сектору АСУТП;
- 2 інженера-електроніка;
- 2 інженера-програміста;
- 2 змінних інженера;
- 2 електрика;
- 2 слюсаря КВП і А;

2.1.3 Вимоги до надійності

Довговічність системи складає 8 років. Кожна функціональна підсистема повинна відповідати вимогам надійності. Час напрацювання на відмову складає 2 роки. Система повинна зберігати працездатність і

забезпечувати відновлення своїх функцій при виникненні наступних позаштатних ситуацій:

- при збоях в системі електропостачання апаратної частини, що призводять до перезавантаження ОС, відновлення програми має відбуватися після перезапуску ОС і запуску виконуваного файлу системи;
- при помилках в роботі апаратних засобів (крім носіїв даних і програм) відновлення функції системи покладається на ОС;
- при помилках, пов'язаних з програмним забезпеченням, відновлення працездатності покладається на ОС.

2.1.4 Вимоги до безпеки

Вся обчислювальна техніка повинна відповідати до ДСТУ 2506-94 «Засоби обчислювальної техніки. Відмовостійкість і живучість. Загальні технічні вимоги». При експлуатації електротехнічних виробів повинні бути передбачені засоби шумозахисту і віброзахисту, що забезпечують обмежені рівні шуму і вібрації на робочих місцях відповідно до затверджених санітарними нормами. Допустимі значення шумових і вібраційних характеристик електротехнічних виробів повинні бути встановлені в стандартах і технічних умовах на вироби конкретних видів і не повинні перевищувати нормативних значень. Вироби, які є джерелом теплового, оптичного, рентгенівського випромінювання, а також ультразвуку, повинні бути обладнані засобами для обмеження інтенсивності цих випромінювань і ультразвуку до припустимих значень. При необхідності вироби повинні бути обладнані сигналізацією, написами і табличками.

Допустимий рівень шумів на робочих місцях у приміщеннях цехового управлінського апарату є 70 Дб. При проектуванні та організації робочого місця слід вживати всіх необхідних заходів щодо зниження шуму, що впливає на людину на робочих місцях, до значень, що не перевищують допустимі 70 Дб, а саме:

- розробкою шумобезпечної техніки;

- застосуванням засобів і методів колективного захисту;
- застосуванням засобів індивідуального захисту.

Частота вібрації повинна бути не більше 25 Гц при амплітуді зміщень не більше 0.1 мм. При вказанні перевищення більше 12 дБ забороняється проводити роботи і застосовувати машини, генеруючі таку вібрацію. Основним засобом забезпечення віробезпеки має бути створення і застосування віробезпечних машин. Створення віробезпечних машин повинно забезпечуватися застосуванням методів, що знижують вібрацію в джерелі збудження. Мають бути зафіксовані робочі місця, на яких робітники можуть піддаватися впливу вібрації. Технічні засоби АСУТП повинні відповідати вимогам "Правил будови електроустановок". Всі зовнішні елементи технічних засобів АСУТП, що знаходяться під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику людини, а самі технічні засоби мати захисне заземлення відповідно до вимог "Правил будови електроустановок. Захисне заземлення, занулення". У приміщеннях управління повинні бути передбачені автономні контури заземлення, не пов'язані гальванічно з контурами заземлення інших виробничих приміщень, а так само з нейтраллю трифазної мережі.

Опір заземлювального пристрою між корпусом будь частини обладнання Системи і землею (грунтом) не повинно перевищувати 4 Ом в будь-який час року. Контур захисного заземлення з опором повинен бути не більше 4 Ом.

2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження елементів системи

Система працює в циклічному режимі. Тривалістю циклу становить 8 годин. Присутній зупинка пов'язана з ремонтом колодязів. У цьому випадку система відключається від огляду об'єкта, а дані не архівуються. Система раз на 7 днів переходить в профілактичний режим, під час технічного обслуговування. Технічні засоби повинні знаходитися в приміщенні

де: температура навколишнього повітря $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$; 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 1 мг/куб. м при розмірі часток не більше 3 мкм; напруженість зовнішнього електричного поля повинна бути не більше 0.3 V / m ; напруженість зовнішнього магнітного поля повинна бути не більше 5.0 A / m ; частота вібрації повинна бути не більше 25 Гц при амплітуді зміщень не більше 0.1 мм. Обладнання Системи має бути забезпечено комплектом ЗІП на весь гарантійний термін. Протягом всього терміну служби Системи комплект ЗІП повинен поповнюватися відповідно до умов договору на сервісне обслуговування.

До складу ЗІП повинні входити комплект функціональних змінних систем встановлених на гарантійний термін і комплект окремо комплектуючих для ремонту функціональних систем. Комплекти ЗІП повинні зберігатися у спеціальних умовах, при температурі від 5°C до 35°C , відносної вологості до 85 %, а в атмосфері не повинно бути агресивних парів викликають корозію [4].

2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Система повинна автоматично вести журнал обліку користувачів, записи якого мають містити повну інформацію про роботу і діях користувачів Системи. Повинна використовуватися концепція роботи з Системою тільки від зареєстрованих користувачів, що виключає можливість несанкціонованого доступу. Кожен користувач отримує доступ до Системи тільки з використанням пароля. Для індивідуальних користувачів повинні бути встановлені різні рівні доступу, контрольовані Системою. Кожен користувач повинен мати власний набір дозволених дій для перегляду або зміни даних та інформаційно-керуючих функцій.

2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях

Тимчасова відмова технічних засобів або втрата електроживлення не повинні призводити до руйнування накопиченої або усередненої в часі інформації, і до втрати поточних виходів на регулюючі органи. При відключенні напруги живлення, система повинна забезпечити збереження інформації за 8 годин. При відключенні контролерів, система має перейти в режим ручного управління. Якщо контролер відключився, то інформація повинна збережуватися на вторинний прилад.

2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Технічні засоби Системи повинні бути стійкі до впливів температури і вологості навколишнього повітря і до впливу механічних факторів відповідно до ГОСТ 12977-84. ГОСТ 21552-84 обмежує зміну кліматичних умов наступним діапазоном: температура навколишнього повітря від +5 до +40 ° С; відносна вологість навколишнього повітря від 40 до 90% при температурі +30 °С; атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (680 - 800 мм. рт. ст.). АСУ ТП повинна розроблятися з використанням ліцензійних програмних продуктів.

Уточнення вимог по патентній чистоті повинно проводитися в договорах на проведення робіт по створенню компонентів системи [5].

2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації

Розроблювана Система повинна бути універсальною. Підсистеми повинні використовувати стандартні, уніфіковані методи реалізації функціональних завдань системи. Екранні форми повинні проектуватися з урахуванням вимог уніфікації тобто зовнішня поведінка подібних елементів інтерфейсу (реакція на наведення покажчика «миші», перемикання фокусу, натискання кнопки) повинні реалізовуватися однаково для однотипних елементів

2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою

Вимоги за інформаційними функціями наведені у табл. 2.1 -2.2

Таблиця 2.1 - Вимоги за інформаційними функціями

Найменування контрольованих параметрів	Кількість однотипних операцій	Засіб отримання та місце відображення інф.	Діапазон вимірювання	Періодичність отримання інформації
Температура в робочому просторі	1	Періодично. ЕОМ оператора, втор втори прилад	0 ... 1600 °С	1 хвилина
Витрата газу	1	Періодично. ЕОМ оператора, втор втори прилад	800-4000 м3/ч	1 хвилина
Витрата повітря	1	Періодично. ЕОМ оператора, втор втори прилад	6000-7000 м3/ч	1 хвилина
Тиск в робочому просторі	1	Періодично. ЕОМ оператора, вторинний прилад	0,3-0,8 кгс/м2	1 хвилина

Таблиця 2.2 - Вимоги по функціям регулювання

Найменування виконуваних функцій	Кількість одних функцій	Діапазон значення	Вид системи	Режим управління	Місце розположення об'єкту керування	Вимоги похибки
Температура в робочому просторі	1	0 ...1600 °С	Стабілізуюча	1 с	Трубопровід газу	1%
Співвідношення газ/повітря	1	800-4000 м3/ч 6000-7000 м3/ч	Стабілізуюча	1с	Трубопровід повітря	2%
Тиск в робочому просторі	1	0,3-0,8 кгс/м2	Стабілізуюча	1с	Димовідвід	1%

При виникненні аварійних ситуацій, такий як не повне закриття кришки колодязя має статися перекриття подачі спочатку газу, а потім повітря. Система при цьому повинна перейти в режим ручного управління

2.3 Вимоги до видів забезпечення

2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Для обміну інформацією в рамках розподіленої Системи повинна бути створена база даних, що забезпечує доступ до даних з локальних елементів мережі. Для зручності роботи технологів-операторів з великими об'ємами різноманітної інформації, і для вироблення відповідних стереотипів взаємодії з Системою, інформаційне забезпечення Системи повинно бути структуровано, і мати ієрархічну організацію. Повинні бути передбачені такі стандартні операційні панелі: загального огляду, мнемосхеми, групи приладів, панелі налаштування, панелі сигналів тривоги, панелі реєстрації

ходу процесу (тренди). Всі категорії даних інформаційного забезпечення СПЗ (системи протиаварійного захисту) не повинні губитися при аваріях електроживлення та відмову блоків і модулів системи ПАЗ. Всі настроювальні константи, інформація прив'язки, алгоритми вирішення завдань і тексти програм повинні зберігатися на дублюючих носіях і оновлюватися при внесенні змін в Систему. Для кодування інформації повинні бути використані класифікатори (коди) прийняті замовником і які відповідають вимогам однозначності, простоти і можливості розширення.

2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Зважаючи на відсутність вітчизняних нормативних документів, в якості їх прототипу необхідно використовувати розроблений Міжнародної Електротехнічної Комісією (МЕК) стандарт ІЕС 61131-3, що регламентує повноту і синтаксис мов технологічного програмування. Вся інформація в АСУТП повинна бути представлена у вигляді понять і визначень властивих металургійної галузі.

2.3.3 Вимога до програмного забезпечення

Для реалізації завдань розподіленої системи повинно використовуватися спеціалізоване програмне забезпечення, яке функціонує в середовищі багатозадачної операційної системи реального часу. Мережеві програмні засоби, що забезпечує об'єднання підсистем управління, операторських станцій і засобів архівування даних в єдину систему, повинні реалізовувати завантаження і управління запуском завдань, забезпечувати обмін між завданнями і базами даних, і надавати доступ до периферійних пристроїв. Всі помилкові ситуації виявлені при роботі програми повинні діагностуватися супроводжуватися повідомленнями, і не повинні викликати порушень роботи системи. Всі функції повинні виконуватися в режимі реального часу.

2.3.4 Вимоги до технічного забезпечення

Комплекс технічних засобів РСУ і системи ПАЗ повинен бути достатній для реалізації певних функцій, і будуватися на базі наступних спеціалізованих програмно-технічних комплексів: засоби КВП, в тому числі датчики, виконавчі механізми, електронні мікропроцесорні регулятори і потокові аналізатори якості; периферійні мікропроцесорні пристрої-підсистеми управління, або контролери; багатофункціональні операторські та інженерні станції; засоби архівування даних; мережеве обладнання; спеціалізовані мікропроцесорні контролери системи ПАЗ; засоби метрологічної повірки обладнання. Система вимірювань повинна будуватися на базі електронних датчиків витрати, тиску, рівня, температури, перепаду тиску, інтегруючих лічильників, аналізаторів якості і складу. Засоби вимірювання витрат, тисків, рівнів і перепадів тисків повинні мати стандартні сигнали діапазону 4-20 мА. Для реалізації збору та обробки інформації у складі підсистем управління повинні бути передбачені модулі: введення сигналів 4-20тА; введення сигналів 4-20 мА з вбудованими бар'єрами іскрозахисту; входу міллівольтових сигналів з вбудованими бар'єрами іскрозахисту; введення дискретних сигналів; введення по протоколу RS-422/RS-485 від периферійних мікропроцесорних пристроїв. Висновок дискретних керуючих впливів і блокувань для управління електрообладнанням виконується через модулі виводу дискретних сигналів

2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення

Клас точності приладів повинен бути не більше 3%. Усі технічні засоби повинна проходити державну повірку і регулярно обслуговуватися метрологічною службою. Метрологічне забезпечення вимірювальних систем повинні відповідати ДСТУ 2709-94. «Державна система забезпечення єдності вимірювань. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення». Значення контрольованих параметрів (технологічного процесу, технологічного обладнання) повинні

бути виражені відповідно до ДСТУ ISO 80000-1:2016 «Величини та одиниці. Частина 1. Загальні положення». Усі методики вимірювання, використовувані у сфері державного метрологічного контролю і нагляду, повинні бути атестовані. Для технічних засобів, що беруть участь в процесі вимірювання контрольованих параметрів повинні бути забезпечені відповідні умови експлуатації (температура, вологість). Повинен бути забезпечений контроль умов їх експлуатації в приміщеннях управління.

2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення АСУТП повинно бути достатнім для ефективного виконання персоналом покладених на нього обов'язків з експлуатації Системи. Організаційне забезпечення повинно включати вимоги щодо чисельності та кваліфікації персоналу АСУТП і КВП, інструкції по кожному виду діяльності, і точне визначення виконуваних функцій. Замовником повинні бути визначені посадові особи, відповідальні за:

- обробку інформації АС;
- адміністрування АС;
- забезпечення безпеки інформації АС;
- управління роботою персоналу з обслуговування АС.

До роботи з системою повинні допускатися співробітники, що мають навички роботи на персональному комп'ютері, ознайомлені з правилами експлуатації і пройшли навчання роботі з системою.

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА

Система складається з 3 рівнів:

- локальний рівень;
- рівень виробництва;
- верхній рівень.

На локальному рівні виконуються наступні дії:

- перетворення вимірюваних параметрів в електричний сигнал;
- управління виконавчими пристроями;
- реалізація блокувань та аварійного захисту;
- погодження сигналів від датчиків з входами в ПЗО.

При аварійних ситуаціях спрацьовує світлова та звукова сигналізація.

На рівні виробництв виконуються завдання:

- збір та обробка інформації, яка надходить від технологічної системи;
- періодичне опитування датчиків стану, прийом та передача інформації від інших систем;
- виявлення відхилень технологічних параметрів від регламентуючих значень;
- реалізація завдань програмно-логічного управління технологічним процесом.

Частота опитування датчиків температури та витрати становить 1 хвилину. Період опитування датчиків тиску на трубопроводах газу та повітря становить 1 секунду.

На верхньому рівні повинен бути реалізований візуальний доступ до інформації про об'єкт ,а також необхідно здійснювати розрахунок режимів роботи технологічного агрегату і його витрати на ресурси. Повинна проводитися видача звітних документів. Інформація на засобах відображення

оновлюється з частотою, що відповідає періоду опитування датчиків, з яких вона надходить. Видача керуючих впливів на виконавчі механізми проводиться з частотою, що відповідає періоду опитування датчиків. Тривалість зберігання інформації з передісторії процесу становить 8 годин.

У даному проекті об'єктом автоматизації є нагрівальний колодязь. Для цього об'єкту здійснюється контроль таких параметрів як:

1. Температура повітря до та після рекуператора;
2. Тиск в трубопроводі газу;
3. Тиск в трубопроводі повітря;
4. Якість згорання палива;

Є ряд контурів регулювання:

1. Температура в робочому просторі;
2. Співвідношення газ-повітря;
3. Тиск в робочому просторі печі.

3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

Одна із основних умов нормального нагрівання металевих злитків – підтримка встановлених температур в робочому просторі печі. На підставі практичної роботи рекуперативних колодязів встановлені технологічні режими, до яких існують чіткі вимоги. Так наприклад, в робочій зоні температура теплоносія повинна підтримуватися з точністю $\pm 10^{\circ}\text{C}$. Отже, температура найбільш важливий параметр термічної печі, що контролюється. Для термічних печей в найбільш відповідальних точках робочого простору підтримуються постійні температури. Температура в печі змінюється з ряду причин, наприклад, в результаті зміни режиму навантаження, зміни витрати палива та умов його горіння, аеродинамічного режиму печі і т.д. Всі збурення призводять до порушення режиму нагрівання і, як наслідок, виходу продукції низької якості або браку. Підтримка температур по об'єму печі нерозривно

пов'язана з регулюванням інших параметрів. Для безперервно діючих термічних печей подача злитків є автоматизованою. Впровадження цього крану дозволяє автоматизувати завантаження злитків в робочій простір та вивільнити від тяжкої ручної праці робітників, що покращує умови праці.

Для регулювання тиску в робочому просторі керуючий вплив подається на регулюючий орган (шибер), який знаходиться на трубопроводі димових газів. При зміні кількості продуктів згоряння, що покидають піч, регулюється тиск.

3.3 Вибір (розробка) математичної моделі системи управління

3.3.1 Дослідження динамічних та статичних характеристик об'єкта управління

В процесі нагріву злитків динамічна характеристика об'єкта змінюється в залежності від режиму нагріву. Температура в термічній печі змінюється в результаті зміни режиму навантаження, зміни витрати палива та умов його горіння, аеродинамічного режиму печі. Передавальні функції об'єкта при першому, другому та n-му нагріві відповідно мають такий вигляд:

$$1) \quad W_{об1}(p) = \frac{2.4 * e^{-60p}}{230 * p + 1}, \quad (3.1)$$

$$2) \quad W_{об2}(p) = \frac{1.4 * e^{-60p}}{230 * p + 1}; \quad (3.2)$$

$$3) \quad W_{обn}(p) = \frac{1 * e^{-60p}}{230 * p + 1} \quad (3.3)$$

З моделі об'єкта побудованої в середовищі Simulink (MATLAB) отримано перехідні характеристики відповідно до передавальних функцій (рис. 3.1- 3.3).

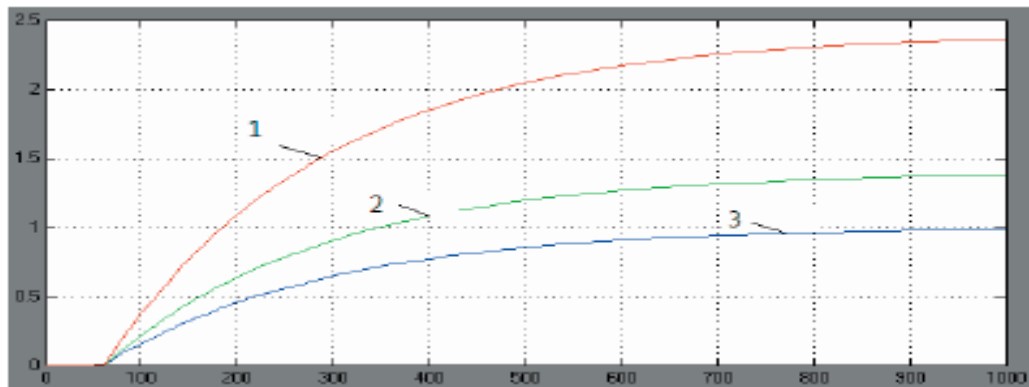


Рисунок 3.1 - Перехідні характеристики об'єкта управління

Отримано перехідний процес в замкненій САР для розрахованих інженерними методами параметрів налаштування ПІ регулятора з використанням пакету Matlab та розраховано показники якості перехідного процесу.

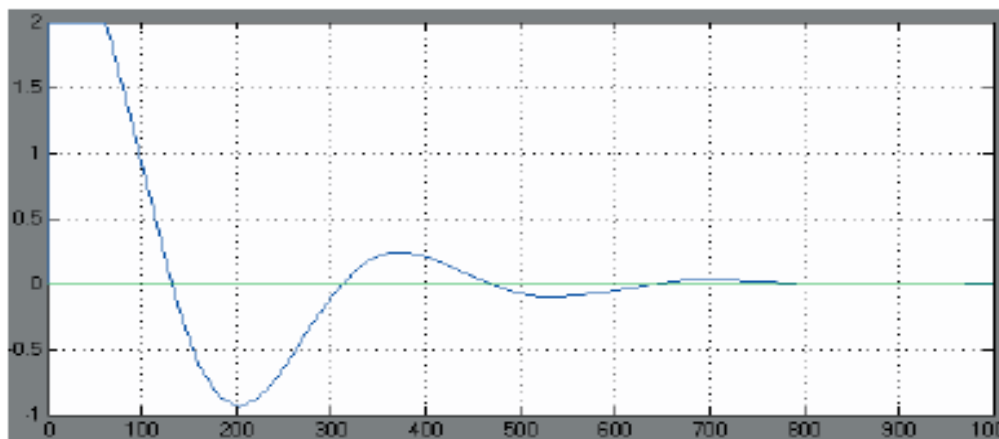


Рисунок 3.2- Перехідний процес в замкнутому контурі

Показники якості $K_p=1,21$, $T_u=161$. Час регулювання – 450 с.

3.3.2 Перевірка САР на грубість

Під грубістю одноконтурної САР розуміється мала чуттєвість критерію функціонування до варіації параметрів розімкненої САР.

Для дослідження системи були зняті 2 перехідні характеристики: при змінному $K_{об}$ та при оптимальних параметрах налаштування регулятора.. Дослідження було проведено по каналу збурення – вихід. Отримані передні процеси приведені нижче на рисунку:

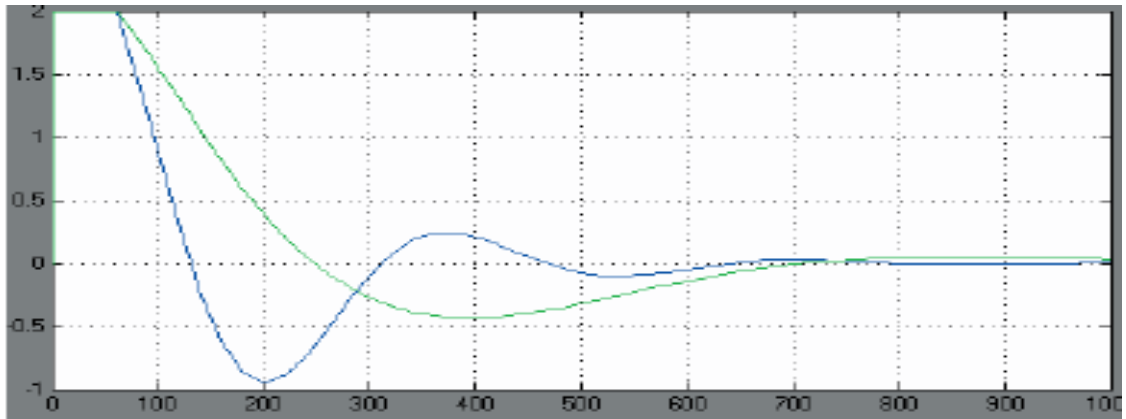


Рисунок 3.3 - Перехідні процеси у замкненій АСР при оптимальних параметрах настроювання регулятора, але при різних значеннях $K_{об}$

При дослідженні системи на грубість було встановлено, що система є грубою відносно Трег до зміни параметра $K_{об}$, і малі зміни якого викличуть зміни критерію якості функціонування САР більше ніж в 2 рази. Таким чином, застосування звичайних САР не дає достатньої якості регулювання так, як даний об'єкт має властивості змінювати свої параметри в відповідності до різних факторів. Тому такий об'єкт потребує застосування адаптивних систем регулювання для забезпечення високої якості регулювання та ефективності нагріву злитків.

Математична модель роботи печі містить розрахунок теплового балансу печі в середовищі Matlab. Тепловий баланс робочого простору рекуперативного колодязя являє собою рівняння, що зв'язує прихід і витрату тепла. При проектуванні печі тепловий баланс складають з метою визначення витрати палива

Нижня теплота згоряння:

$$Q_H^P = 127,7 \cdot CO + 108 \cdot H_2 + 358 \cdot CH_4 + 590 \cdot C_2H_4 + 555 \cdot C_2H_2 + 636 \cdot C_2H_6 + \\ + 913 \cdot C_3H_8 + 1185 \cdot C_4H_{10} + 1465 \cdot C_5H_{12} + 234 \cdot H_2S \quad (3.4)$$

Прихід тепла:

– тепло від горіння палива обчислюється:

$$Q_{\text{ХИМ}} = B \cdot Q_{\text{Н}}^{\text{P}} = B \cdot 35\,133,932 \text{ (кВт)} \quad (3.5)$$

– тепло, внесене підігрітим повітрям:

$$Q_{\text{В}} = B \cdot i_{\text{В}} \cdot V_{\text{В}} \quad Q_{\text{В}} = B \cdot 1109,05 \cdot 10,209 = B \cdot 11320 \text{ (кВт)}, \quad (3.6)$$

– тепло екзотермічних реакцій (приймаємо, що угар металу становить 1%, а при окисленні 1 кг металу виділяється 5652 кДж) обчислюється:

$$Q_{\text{ЭКЗ}} = 5652 \cdot P \cdot a = 5652 \cdot 20,83 \cdot 0,01 = 1177,311 \text{ (кВт)} \quad (3.7)$$

Витрата тепла

– тепло, витрачене на нагрів металу:

$$Q_{\text{ПОЛ}} = P \cdot (i_{\text{М}}^{\text{КОН}} - i_{\text{М}}^{\text{НАЧ}}) = 20,83 \cdot (850,21 - 132,27) = 14995,78 \text{ (кВт)} \quad (3.8)$$

– тепло, яке відходить горючими газами :

$$Q_{\text{УХ}} = B \cdot V_{\text{ПС}} \cdot i_{\text{ПС}} = B \cdot 11,233 \cdot 1192,127 = B \cdot 13391,163 \text{ (кВт)} \quad (3.9)$$

Втрати тепла через свод печі:

$$Q_{\text{СВ}} = \frac{t_{\text{КЛ}}^{\text{ВН}} - t_{\text{ОК}}}{\frac{\delta_{\text{К}}}{\lambda_{\text{К}}} + \frac{1}{\alpha}} \cdot F_{\text{СВ}} \quad (3.10)$$

Загальна кількість тепла, що втрачається теплопровідністю через кладку, визначається:

$$Q_{\text{ТЕПЛ}} = Q_{\text{СВ}} + Q_{\text{СТ}} \quad (3.11)$$

Втрати тепла з охолоджувальною водою з практичних даними приймаються рівними 10% від тепла, внесеного паливом і повітрям:

$$Q_{\text{охл}} = 0,1 \cdot B \cdot (35 \cdot 133,932 + 11320) \quad (3.12)$$

Невраховані втрати тепла визначаємо за наступною формулою:

$$Q_{\text{невчт}} = 0,1 \cdot (4645,39 \cdot B + 406,8) = (464,539 \cdot B + 40,68) \quad (3.13)$$

Таблиця 3.1 - Тепловий баланс печі

Прихід	Q, кВт,	(%)	Витрата	Q, кВт,	(%)
Тепло від горіння палива	18445,39	73,44	Тепло на нагрів металу	14955,78	59,54
Фізичне тепло повітря	5493	21,87	Тепло, яке втрачається горючими газами	7030,36	27,99
Тепло екзотермічних реакцій	1177,311	4,68	Втрати тепла теплопровідністю через кладку	406,8	1,61
Всього	25115,99	100	Втрати тепла з охолоджувальною водою	2438,82	9,71
			Невраховані втрати	284,562	1,13
			Всього	25115,11	100

Таблиця 3.2 - Склад сухого природного газу

Назва	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CO ₂	H ₂ S	N ₂
Відсоткова частина, (%)	85,78	4,84	1,48	1,038	0,581	1,267	4,95

Після написання програмного коду отримаємо таблицю для заповнення у графічному редакторі.

Тепловой баланс печи					
Статьи прихода			Статьи расхода		
	Q, кВт	%		Q, кВт	%
Тепло от сгорания топлива	17677.7937	72.04	Тепло на нагрев металла	14954.6902	60.7115
Физическое тепло воздуха	5761.382	23.2159	Тепло уносимое уходом газами	6614.1333	27.6633
Тепло экзотермических реакций	1177.3116	4.7441	Потери тепла через кладку	222.6595	0.90393
			Потери тепла с охлаждающей водой	2363.8223	9.5964
			Неучтенные потери	277.0621	1.1248
Итого	24816.4873	100	Итого	24632.3673	100

Рисунок 3.4 – Графічний емулятор розрахунку теплового балансу

3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА

3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади

Вибір датчиків технологічних параметрів здійснюється згідно стандартам і вимогам підприємства з урахуванням ряду факторів метрологічного і режимного характеру, найбільш суттєві з яких наступні: відстань, на яку може бути передана інформація яка знімається з датчиків, граничне значення вимірюваної величини, допустима до СА похибка, вплив зовнішніх факторів навколишнього середовища.

При виборі термопари в Системі автоматичного регулювання температури необхідно врахувати що верхня межа вимірювань складає -1600 С, з допустимою похибкою 1%. Середній термін служби при номінальній температурі не менше 2 років.

Згідно з наведеними умовами для контролю температури обраний контактний термоелектричний метод, а в якості датчика - термоперетворювач ТПР-0392 (рис. 3.5), який відповідає всім вищевказаних вимогам. Діапазон

вимірюваної температури становить 300-1600 С. Похибка - 4,5 С. Клас точності – 2.

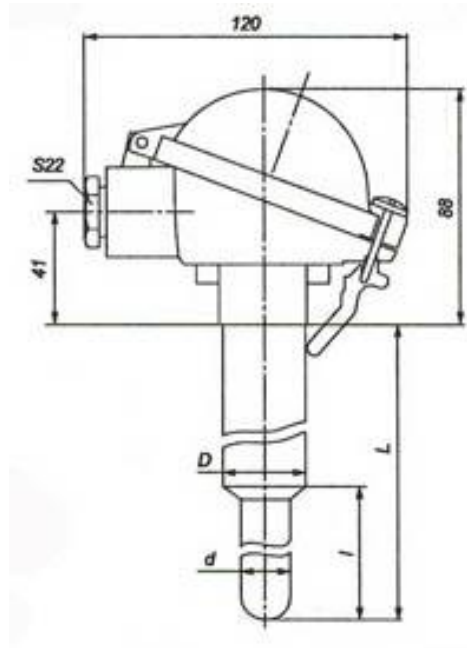


Рисунок 3.5 - Термопара ТТР (В)

Перетворювачі САФІР 22 М (рис. 3.6) призначені для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання та керування технологічними процесами і забезпечують безперервне перетворення значення вимірюваного параметра – надлишкового тиску та витрати повітря або газу в уніфікований струмовий вихідний сигнал. Допустима основна похибка, $\pm 0,5$; $\pm 1,0\%$.

У якості вторинного приладу було обрано Метран-900, який обслуговуватиме всю систему автоматизації одного нагрівального колодязя, вінявляє собою більш зручний спосіб експлуатації ніж застарілі самописці Диск 250. Крім графічного перегляду на дисплеї реєстратора, передбачено роздрук даних у цифровому вигляді завдяки прямому підключенню принтера до приладу або передачі всієї інформації на ПК.

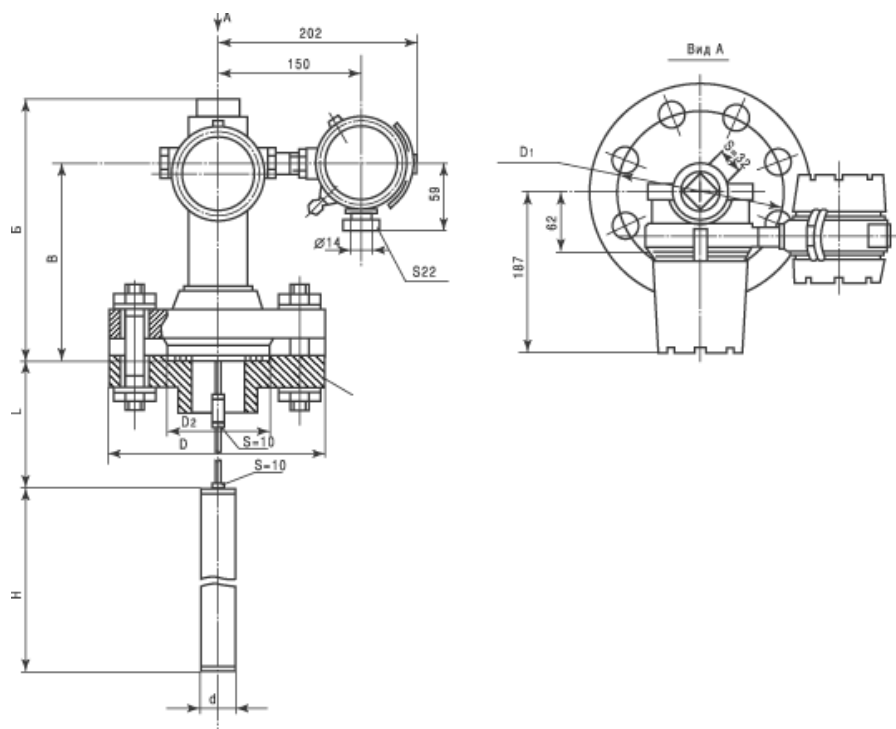
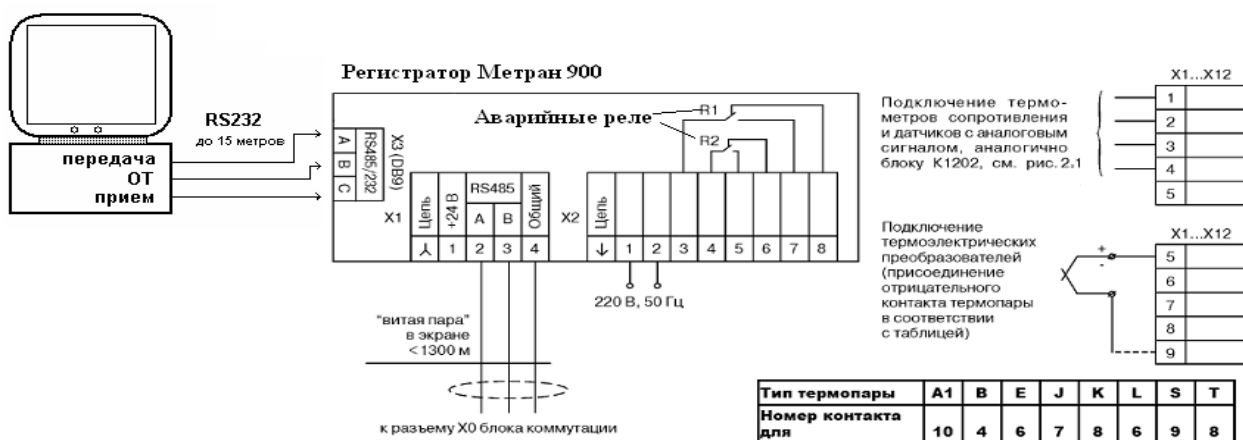


Рисунок 3.6 - Габаритні, установчі та приєднувальні розміри перетворювачів Сапфір-22



Блок регистратора К1204

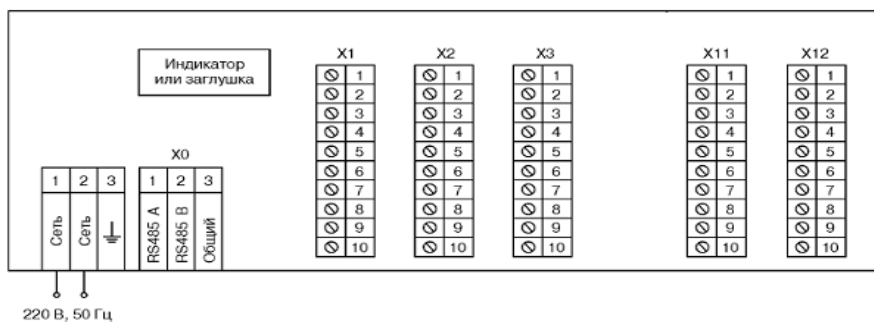


Рисунок 3.7- Регистратор Метран 900 та блок К1204

Багатоканальні реєстратори МЕТРАН-900 призначені для збору та обробки інформації, що надходить від датчиків, які вимірюють різні параметри технологічних процесів і мають уніфіковані вихідні сигнали. Прилади застосовуються в системах контролю та автоматизації технологічних процесів в різних галузях промисловості.

Залежно від типу блоку комутації, що входить в комплект поставки, багатоканальні реєстратори МЕТРАН-900 призначені для обробки сигналів наступних датчиків :

- термоперетворювачів опору;
- термоелектричних перетворювачів типу ТВР ((А) , ТПР (В), ТПП(S), ТХА (К), ТХК (L), J; Т', Е;
- датчиків з аналоговими струмовими сигналами 0-20, 0-5, 4-20 мА;
- датчиків з лінійним або квадратичним сигналом взаємної індуктивності 0-10 мГн.

Обробка інформації передбачає:

- реєстрацію та зберігання даних у власної електронної пам'яті приладу;
- візуалізацію отриманих даних на вбудованому дисплеї в цифровому та графічному вигляді;
- перетворення вхідних сигналів у цифровий сигнал RS232 або RS485;
- видачу аварійного сигналу при порушенні встановлених діапазонів контрольованих параметрів;
- видачу на зовнішнє друкувальний пристрій зареєстрованих значень за необхідний інтервал часу.

Допустима похибка при використанні термопар ТПР(В) - 5,0 °

3.4.2 Промислові контролери

Завдяки тому, що на підприємстві в основному використовуються контролери фірми Мікрол і Siemens, доцільним був би вибір ПЛК саме цих виробників, це надає можливість розширити існуючі або створювати нові

системи управління з меншими фінансовими витратами . Інженерам в цьому випадку непотрібно багато часу для вивчення нового обладнання.

Одним з головних недоліків контролерів фірми Мікрол є те що вони малоканалні, і мають досить маленький об'єм пам'яті.

Крім того, однією з важливих особливостей Siemens є підтримка відкритих інтерфейсів які широко застосовуються в промисловості. Це створює можливість для підключення додаткових апаратних засобів і полегшує інтеграцію окремих ділянок на виробництві в інформаційну мережу підприємства. За допомогою стандартних промислових інтерфейсів, таких як Ethernet, PROFIBUS, CANOpen, DeviceNet, INTERBUS стає можливим використовувати контролери VIPA (які підтримують ці інтерфейси) спільно з пристроями інших виробників.

Німецька компанія VIPA спеціалізується на розробці і виробництві програмованих логічних контролерів (ПЛК), сумісних з контролерами фірми Siemens по системі команд.

Контролери VIPA можуть працювати без картки пам'яті, її використовують, коли мало обсягу пам'яті вбудованої в процесорний модуль або дублювання програми.

Переваги VIPA перед Simatic S7-300: до 32 модулів в шасі ,можливість працювати без ММС картки, комбінований інтерфейс MP2I (MPI + PPI), однотипні процесори від VIPA мають більший обсяг пам'яті і більший обсяг комунікаційних можливостей, вартість на 20_30% нижче.

У зв'язку з цим в дану систему автоматизації був обрано контролер VIPA 300 С, який відповідає всім вимогам і має ряд переваг перед ПЛК фірми Мікрол.

Система VIPA System 300V - це компактне, модульне сімейство контролерів VIPA для вирішення задач центральної та розподіленої системи автоматизації з великою кількістю сигналів. Контролери цієї системи найбільш близькі до ряду Simatic S7300. Модулі цього сімейства повністю ідентичні модулям S7300 і можуть використовуватися з модулями S7300 в

одній стійці на одній лінійці. Також модулі розширення допускають пряму взаємозаміну з однотипними модулями S7300 і навпаки. Програма для контролерів серії System 300V може створюватися як за допомогою середовища розробки STEP 7 від Siemens, так і за допомогою застосування пакетів WinPLC7 і WinNCS від VIPA.

Кількість входів / виходів: до 1024 дискретних, до 128 аналогових.

Організація - модульна конструкція (Від 8 до 32 модулів розширення). Об'єм пам'яті 96-512 кБ. Тип пам'яті - RAM FLASH. Кількість таймерів та лічильників -128/256.

Центральний процесорний модуль (CPU) управляє згідно з програмою користувача технологічними процесами та машинними операціями. Процесори вибираються згідно з завданням у відповідності до необхідної продуктивності та об'єму робочої пам'яті і розширюються за допомогою сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів. Процесори 300S призначені для застосування на середніх і великих об'єктах автоматизації, та по системі команд сумісні з Siemens STEP7. Завдяки технології SPEED7, система 300S є однією з найшвидших систем в світі автоматизації. Широкі функціональні можливості процесора робить систему універсальною для використання: від компактних процесорів з вбудованими каналами вводу/виводу, які застосовуються в порівняно невеликих проектах, до версії процесорів з вбудованими Ethernet-інтерфейсами, підтримкою польових шин, і високошвидкісною шиною Speed-bus, які призначені для керування цілими технологічними комплексами.

Завдяки високій швидкості обробки даних, процесори 300S мають дуже короткий цикл обробки даних, і тому підходять для вирішення завдань автоматизації, де потрібна велика продуктивність. Модельний ряд лінійки процесорів дозволяє підібрати найбільш оптимальний варіант системи, що буде задовольняти як по функціоналу так і по вартості.

При проведенні проектної компоновки в якості процесорного модуля було обрано CPU 315 DPM, який використовується для контролю та управління складних технологічних процесів.

Головною особливістю даного типу центрального процесора є великий об'єм пам'яті-1 Мб, з можливістю розширення до 2 Мб. Підтримуються протоколи MPI, PtP, PROFIBUS-DP. Тип інтерфейсу RS232,RS485,RJ45.

Напруга живлення-24В пост. тока. Діапазон робочих температур $0^{\circ}\text{C} \dots 60^{\circ}\text{C}$.

В якості блоку живлення обраний PS 307; 10 А.

Блок живлення PS 307 (10 А) відрізняється такими властивостями:

- вихідний струм 10 А, вихідна напруга 24 В пост. струму;
- захист від короткого замикання та обриву ланцюга;
- підключення до однофазної системи змінного струму(вихідна напруга 120/230 В змін. струму, 50/60 Гц);
- може бути використаний як джерело живлення навантаження.

Реакція блоку живлення PS 307 наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Реакція блоку живлення PS 307 (10 А) на нестандартні умови роботи

Якщо...	...то...	Світлодіод 24 VDC
вихідний ланцюг перенавантаже $I > 13\text{A}$ (динамічно)	провал напруги, автоматичне відновлення напруги	Блимає
$10\text{A} < I < 13\text{A}$ (статично)	падіння напруги, скорочення терміну служби	Не горить
вихід замкнуто	Вихідна напруга 0В; автоматичне відновлення напруги після усунення короткого замикання	
виникає перенапруження на первинній стороні	можливе руйнування	-

має місце знижена напруга на первинній стороні	автоматичне роз'єднання;автоматичне відновлення напруги	Не горить
--	---	-----------

Модулі виводу дискретних сигналів призначені для перетворення внутрішніх логічних сигналів

контролера в його вихідні дискретні сигнали. До виходів модулів можуть підключатися виконавчі

пристрою або їх комутаційні апарати.

Модулі SM 322 можуть працювати в системах локального введення-виведення всіх модифікацій програмованих

контролерів S7-300.

Модулі випускаються в пластикових корпусах. На їх лицьових панелях розташовані:

- зелені світлодіоди, індиціюється стан вихідних ланцюгів;
- червоний світлодіод індикації відмов і помилок;
- роз'єм для установки фронтального з'єднувача, закритий захисною кришкою.

Для даної системи було обрано модуль дискретного виходу 1ВН10-0АА0. Цей модуль відповідає всім вимогам :

- кількість виходів 16;
- напруга живлення 24В;
- вихідний струм 4А;
- довжина кабелю не більше 600 м.

Модулі вводу аналогових сигналів призначені для аналого-цифрового перетворення вхідних аналогових сигналів контролера і формування цифрових величин, що використовуються центральним процесором в процесі виконання програми. До входів модулів можуть підключатися датчики з уніфікованими вихідними електричними сигналами напруги або сили струму, термопари, термометри опору. Кожна пара вхідних каналів модулів 6ES7331-7KB02-0AB0, 6ES7331-7KB82-0AB0 і 6ES7331-7KF02-0AB0 може

бути налаштована на свій вид вхідного сигналу. Вибір виду вхідного сигналу (сила струму, напруга, термо-ЕРС) проводиться апаратно установкою кодового елемента водне з чотирьох можливих положень.

З каталогу було обрано модуль аналогового входу 7PF10-0AB0, який відповідає всім вимогам. Напруга живлення складає 24В, з захистом від неправильної полярності напруги живлення.

Можливість підключення термопар – типу В (термопара ТПР, яка використовується в СА), N, E, R, S, J, L, T, K.

Модуль аналогового входу 7PF10-0AB0 має 8 входів, тому для правильного функціонування системи необхідно використовувати 2 модуля для обслуговування одного нагрівального колодязя.

Система 300S програмується за допомогою WinPLC7 або Siemens STEP7 на мовах LAD, FBD і STL. Для розробки програми було обрано середовище WinPLC7 на мові LAD.

Програмне середовище WinPLC7 призначено для конфігурування, програмування, налагодження програм та діагностики контролерів VIPA всіх серій. Пакет має інтерфейс для всіх етапів роботи.

WinPLC7 містить всі необхідні інструменти для створення проекту: конфігуратор використовуваної апаратури, символічний редактор, конфігуратор мережі PROFIBUS, редактор програм, емулятор контролера.

Для програмування систем автоматизації в рамках пакету WinPLC7 можуть бути використані три мови: Statement List (STL) - список інструкцій, Ladder Diagram (LAD) - мова релейно-контактних схем, Function Block Diagram (FBD) - мова функціональних блоків.

WinPLC7 дозволяє імпортувати/експортувати проекти для контролерів фірми Siemens, зберігати резервну копію програми і даних на MMC-карту, а також здійснювати програмну симуляцію роботи контролера [9].

Алгоритм

1) Автоматичне відсічення та подача газу (коксоденової суміші) та повітря:

а) залежно від команд напольної машини, спочатку відсічення газу, через 5 секунд повітря;

б) залежно від підвищення або зменшення температури в печі відносно заданого значення;

в) при відкритті кришки колодязя вмикається звукова сигналізація.

2) Автоматичне (аварійне) відсічення газу та повітря при :

а) зупинці вентилятора;

б) падінні тиску повітря;

в) падінні тиску змішаного газу;

г) відсутність електроживлення.

Прикладна програма управління технологічним процесом створена за допомогою додатку WinPLC7.

Таблиця 3.5 - Змінні програми

Вхідні	Вихідні	Таймери
$T_{kol} < T_{zad}$	Gaz	TIMER1
$T_{kol} > T_{zad}$	Vozduh	TIMER2
Otsutstvie Pitanie	Signalizacia	
Padenie Davlenia Gaza		
Padenie Davlenia Vozduha		
Ostanovka Ventilatora		
Kriwka Kolodca otkr		
Kriwka Kolodca zakr		

При температурі в колодязі менше заданої регулюючий контакт замкнутий і через нього на вхідну змінну ($T_{kol} < T_{zad}$) йде значення логічної одиниці при цьому клапани газу та повітря відкриті.

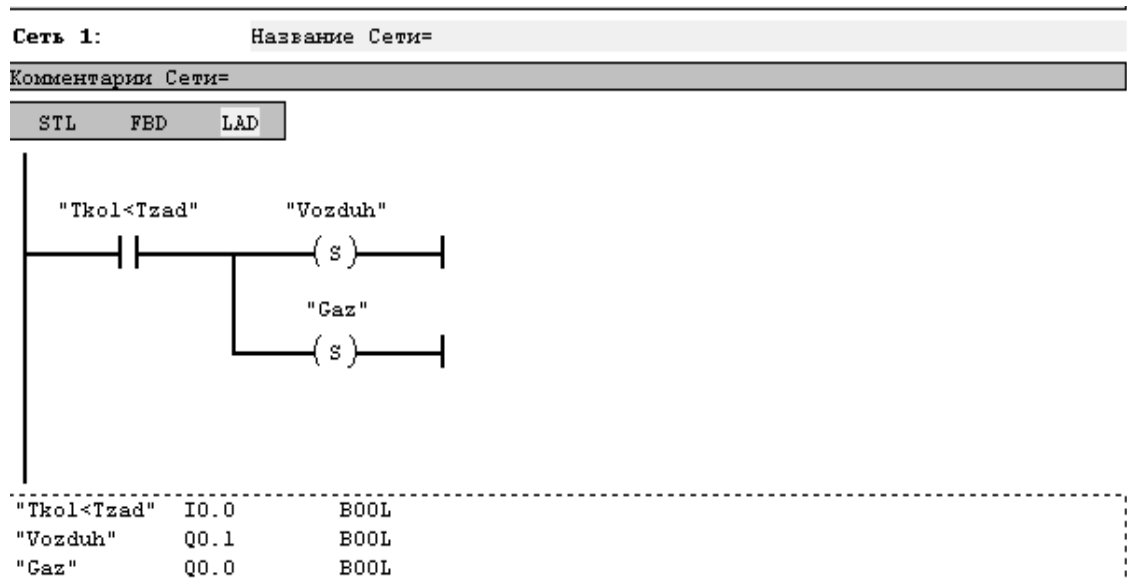


Рисунок 3.8 - Подача повітря та газу

При відкритті кришки колодязя подається сигнал логічного нуля на вхід контролера, розмикаються контакти і відбувається відсічення газу, з паралельним включенням звукової сигналізації.

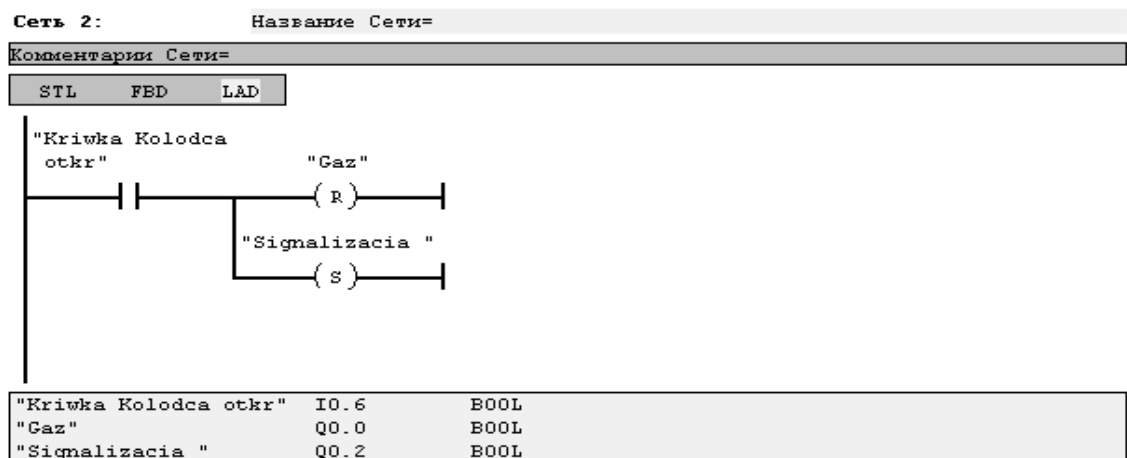


Рисунок 3.9 – Відсічення газу, та вмикання сигналізації

При досягненні витрати газу відмітки (< 10 %) на вхід контролера подається сигнал логічного нуля ,при цьому розмикаються регулюючі контакти та виконується відсічення повітря.

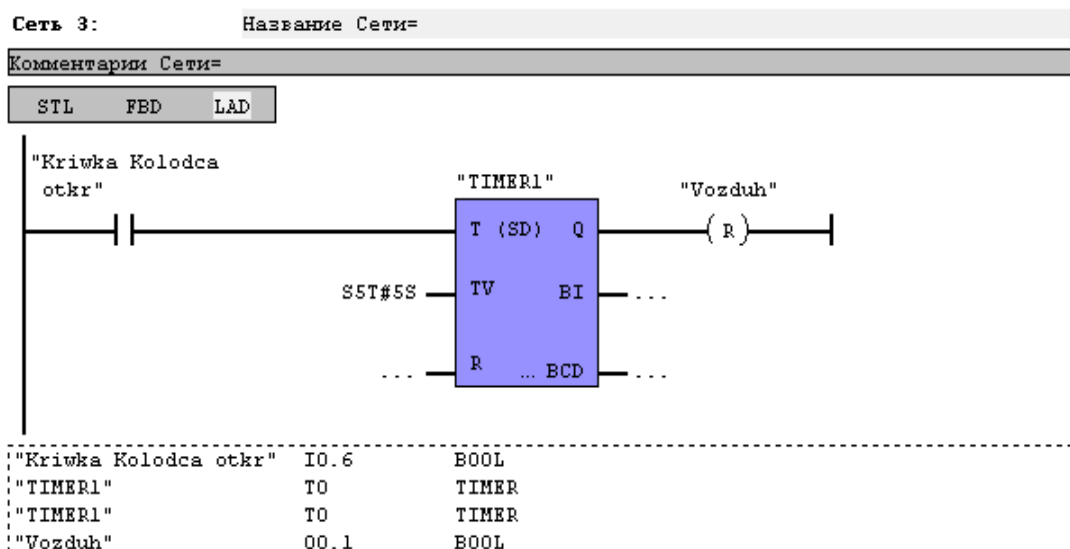


Рисунок 3.10 – Відсічення повітря

При закритті кришки на вхід контролера подається сигнал логічної одиниці регулюючі контакти замикаються ,подаючи напругу на клапан повітря СВ. Виконується подача повітря та відключення сигналізації.

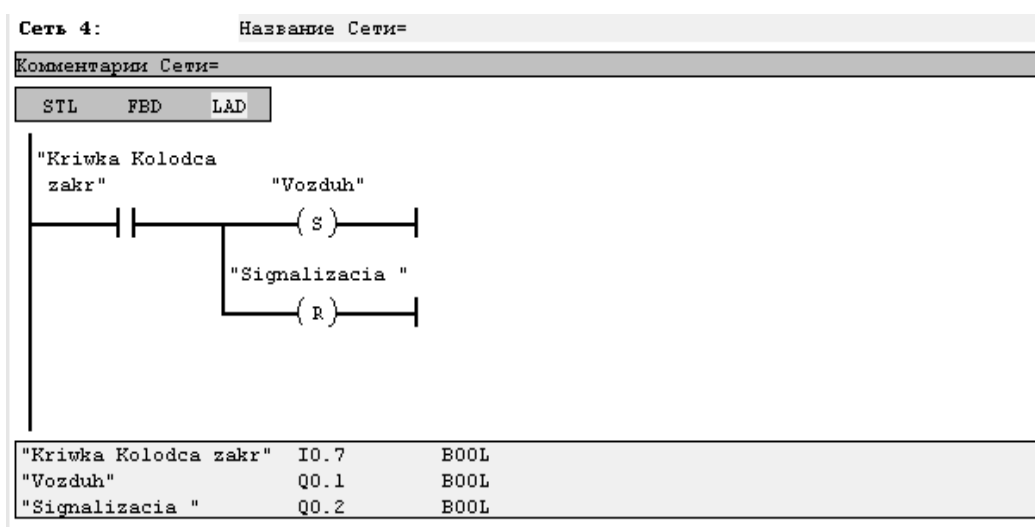


Рисунок 3.11 – Відновлення подачі повітря та вимкнення сигналізації

При досягненні витрати повітря відмітки (> 10 %) на вхід контроллера подається сигнал логічної одиниці, виконується замкнення регулюючих контактів та відновлюється подача газу

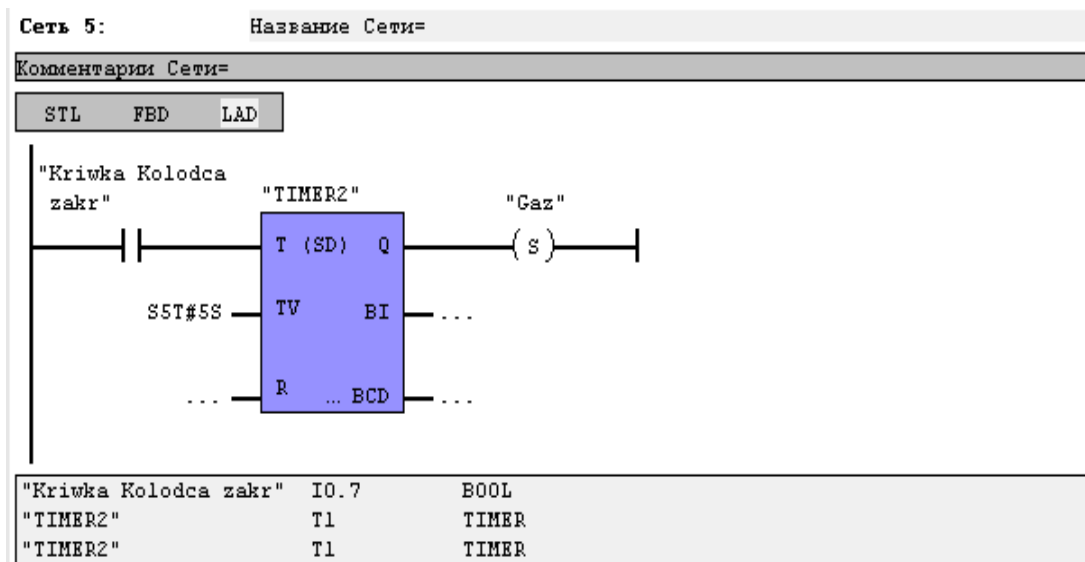


Рисунок 3.12- Відновлення подачі газу

При перевищенні температури колодзя вище заданої регулюючі контакти розмикаються та виконується припинення подачі повітря та газу.

Аварійна відсічка виконується при припиненні роботи вентилятора, падінні тиску стиснутого повітря, падінні тиску газу та відсутності електроживлення.

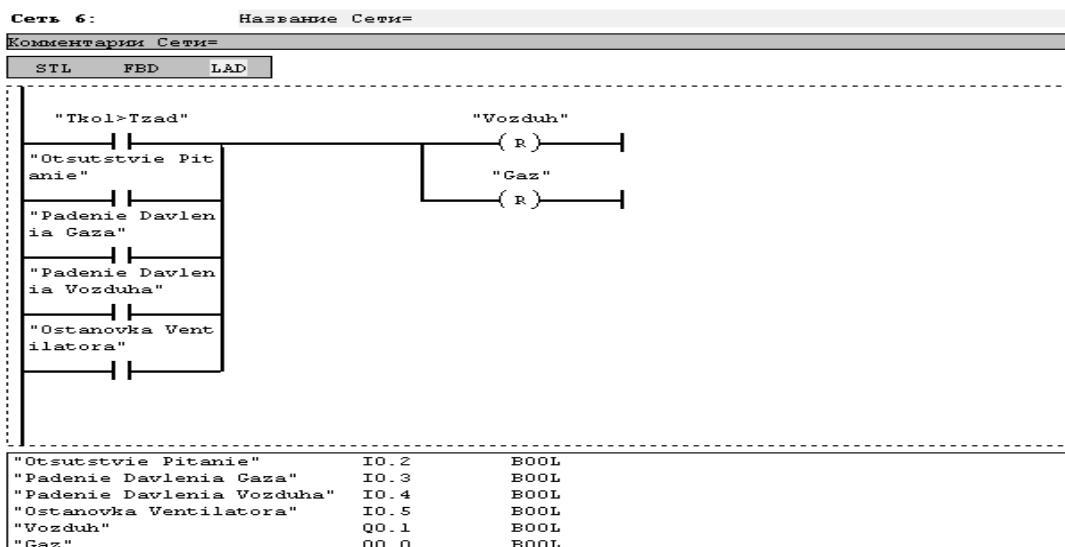


Рисунок 3.13 - Аварійне відсічення газу та повітря

3.4.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи

Вихідні дані для розрахунку регулюючого органу наведена у табл.. 3.6.

Таблиця 3.6 - Вхідні дані

Середовище	Максимальна витрата	Надмірний тиск початковий	Надмірний тиск кінцевий	Абсолютна температура
Повітря	6000 м ³ /год	400 мм.в.ст	300 мм.в.ст	303К

Розрахунок регулюючого органу

Визначення втрат тиску на заданому відрізку трубопроводу

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

Втрати на РО визначаються з різниці загального перепаду тиску у мережі $\Delta P_{мер}$ та сумарних втрат тиску в лінії до ΔP_1 та після ΔP_2 РО.

Розрахункова максимальна витрата газів та пари для умови до РО.

$$Q_{\max} \frac{G_{\max}}{\rho} = \frac{6000}{1,204} = 4983,39 \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (3.14)$$

$$Q_{\max 1} = Q_{\max} \frac{P_n * T}{P_{\text{поч}} * T_n} = 4983,39 \frac{0,1 * 303}{0,004 * 293} = 128836 \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (3.15)$$

$$Q_{\max 2} = Q_{\max} \frac{P_n * T}{P_{\text{поч}} * T_n} = 4983,39 \frac{0,1 * 303}{0,003 * 293} = 171782 \text{ м}^3/\text{ГОД}. \quad (3.16)$$

де P_n , T_n - абсолютний тиск та абсолютна температура при нормальних умовах, $P_n=0,1\text{МПа}$, $T_n=293\text{ К}$.

Густина рідини при робочій температурі, [кг/м³]

$$\rho_1 = \rho \frac{P_{\text{поч}} * T_n}{P_n * T} = 1,2041 \frac{0,004 * 293}{0,1 * 10^5 * 303} = 0,04 * 10^{-5}, \left[\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \right]; \quad (3.17)$$

$$\rho_2 = \rho \frac{P_{\text{поч}} * T_n}{P_n * T} = 1,2041 \frac{0,003 * 293}{0,1 * 10^5 * 523} = 0,02 * 10^{-5}, \left[\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \right]; \quad (3.18)$$

Динамічна в'язкість середовища при $P_{\text{поч}}$ і T $\mu_1 = 2.75 \cdot 10^{-5}$ [Па·с].

Динамічна в'язкість середовища при P_2 і T $\mu_2 = 31.2 \cdot 10^{-5}$ [Па·с].

Розрахункова швидкість середовища в трубопроводі до V_1 та після V_2 РО, м/с для рідини:

$$V_{1,2} = \frac{354 * Q_{\text{max}1(2)}}{D_{\text{нò}}^2}$$

де $D = 18,85 \sqrt{\frac{Q_{\text{max}1(2)}}{V}}$ – діаметр трубопроводу, мм

V – допускна швидкість середовища, м/с, $V=10,0$ [м/с].

$$D_1 = 18,85 * \sqrt{\frac{128836}{10}} = 2139,4 [\text{мм}] , \quad (3.19)$$

$$D_2 = 18,85 * \sqrt{\frac{171782}{10}} = 2470,5 [\text{мм}] . \quad (3.20)$$

Знайдену величину D округляють до близького стандартного $D_{\text{ст}}$ значення: $D_{\text{ст}} = 600$ мм.

$$V_1 = \frac{354 * 128836}{(2139)^2} = 9,9 [\text{м/с}] , \quad (3.21)$$

$$V_2 = \frac{354 * 171782}{(2470,5)^2} = 9,96 [\text{м/с}] \quad (3.22)$$

Число Рейнольдса для середовищ до Re_1 та після Re_2 РО для повітря:

$$\text{Re}_{1(2)} = 0,354 * \frac{Q_{\max 1(2)}}{D_{\text{н\ddot{o}}} * v_1 * \rho_{1(2)}} = 0,354 * \frac{Q_{\max 1(2)}}{D_{\text{н\ddot{o}}} * \mu_{1(2)}} \quad (3.23)$$

$$\text{Re}_1 = 128736 \quad \text{Re}_2 = 128748,42$$

Коефіцієнт тертя для частини трубопроводу до РО, λ_1 , та для частини трубопроводу після РО, λ_2 .

Для круглих сталевих труб при турбулентному режимі ($\text{Re} > 2300$)

$$\lambda_1 = \frac{1}{(2 \cdot \lg(19,5 \cdot 2139))^2} = 0,015 \quad ; \quad \lambda_2 = \frac{1}{(2 \cdot \lg(19,5 \cdot 2470))^2} = 0,02 \quad (3.24)$$

Втрата тиску в регулювальному органі при максимальній розрахунковій витраті, [МПа]:

$$\Delta P_{\text{po}} = \Delta P_{\text{мер}} - (\Delta P_{\text{л1}} + \Delta P_{\text{л2}}),$$

де $\Delta P_{\text{мер}} = P_{\text{поч}} - P_{\text{кін}}$ – загальний перепад тиску в мережі, [МПа].

$$\Delta P_{\text{мер}} = 0,001962 - 0,0004905 = 0,0014715 \text{ [МПа]}, \quad (3.25)$$

$$\Delta P_{\text{po}} = 0,0014715 - (0,00011595 + 0,00005801) = 0,00130154 \text{ [МПа]} \quad (3.26)$$

Розрахунок пропускної здатності, вибір регулювального органу та його перепускної характеристики.

Розрахувати необхідне значення перепускної здатності $K_{v \max}$ в залежності від G_{\max} і ΔP_{po} , [м³/год].

$$K_{v \max} = \frac{Q_{\max} \sqrt{\rho * T * K'}}{5350 * \sqrt{\Delta P_{\text{po}}} * P_2} = \frac{4983,31 \sqrt{303 * 1,2041}}{5350 * \sqrt{0,101256} * 0,00130154} = 1700 \text{ [м}^3 \text{ / год]} \quad (3.27)$$

Стосовно переліку типорозмірів дросельних РО, вибираємо РО з умовною перепускнуою здатністю K_{vy} , яка більше розрахункового значення $K_{v \max}$ на 20%: $K_{vy} \geq 1,2 K_{v \max}$.

$$K_{vy} = 1,2 * 1700 = 2040 \quad (3.28)$$

Таблиця 3.4 - Поворотна дросельна заслінка

Діаметр умовного проходу, мм	Умовний тиск, МПа	Умовна перепускуна здатність K_{vy} , м ³ /год
200	0,25	2040

Визначають відношення n перепаду тиску в лінії до перепаду тиску на РО при максимальному витраченні.

$$n = \frac{\Delta P_{\dot{e}}}{\Delta P_{Dl}} = \frac{0,00017013}{0,00130154} = 0,13 \quad (3.29)$$

По уточненому значенню перепаду на РО та прийнятому значенню K_{vy} визначаємо уточнене значення максимальної витрати через РО G'_{\max} , використовуючи необхідну формулу:

$$Q'_{\max} = \frac{5350 * K_{vy}}{\sqrt{T * \rho} / \sqrt{\Delta P_{PO} * \Delta P_2}}$$

$$Q'_{\max} = \frac{5350 * 2040}{\sqrt{303 * 1,2041} / \sqrt{0,101256 * 0,00130154}} = 6118 [\text{кг} / \text{год}] \quad (3.30)$$

Знайдемо відносне значення витрачень q_{\max} та q_{\min} діленням Q_{\max} і Q_{\min} на Q'_{\max} :

$$Q_{\min}=0,25*Q_{\max}=0,25*4983,39=1245,85[\text{м}^3/\text{год}] \quad (3.31)$$

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{Q'_{\max}} = \frac{4983,39}{6118,85} = 0,81$$

$$q_{\min} = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = \frac{1245,85}{4983,39} = 0,25 \quad (3.32)$$

Вибираємо перепускну характеристику регулювального органа:

Для забезпечення витрачальної характеристики затилкового регулюючого органа при відомих значеннях n , q_{\max} і q_{\min} знаходимо значення α_{\max} та α_{\min} (діапазон навантаження).

$$\alpha_{\max} = 57^\circ; \alpha_{\min} = 33^\circ$$

При цьому коефіцієнт передачі K_{PO} знаходимо для α_{\max} та α_{\min}

$$K_{PO \max} = 2,1;$$

$$K_{PO \min} = 0,95;$$

$$\frac{K_{PO \max}}{K_{PO \min}} = \frac{0,95}{2,1} = 0,45 \quad (3.33)$$

Розрахунок з'єднання РО з виконавчим механізмом

Для якісного регулювання коефіцієнт передачі $CAР$ повинен бути незмінним. Його величина визначається добутком

$$K = K_{об} \cdot K_p \cdot K_{вм} \cdot K_3 \cdot K_{ро},$$

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

K_p – коефіцієнт передачі регулятора,

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

K_3 – коефіцієнт передачі з'єднання,

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

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

Будова безрозмірної статичної характеристики з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

Статичну характеристику об'єкта регулювання подаємо у безрозмірній формі:

$$X_{вих\ об} = \frac{X_{вих}^i}{X_{вих\ max}}; \quad X_{вх\ об} = X_{вих\ ро} = \frac{X_{вх}^i}{X_{вх\ max}}; \quad (3.34)$$

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.

У другому квадранті цієї ж площини будуємо лінійну характеристику “виконавчий механізм – об'єкт регулювання” в безрозмірному вигляді.

Графічний метод розрахунку з'єднання регулювального органа з виконавчим механізмом. Вхідною величиною з'єднання є кут повороту вала

РО. Тому статичну характеристику з'єднання потрібно привести з безрозмірної в розмірну, перерахувавши кожен кут в градуси кута повороту, отримавши таким чином залежність $\varphi_{po} = f(\varphi_{BM})$.

Виділити на графіку $\varphi_{po} = f(\varphi_{BM})$.

Визначити прирощення кутів повороту вихідного валу виконавчого механізму $\Delta\varphi'_{\Delta_{BM}}$, $\Delta\varphi''_{\Delta_{BM}}$ і відповідні їм прирощення кутів $\varphi'_{\Delta_{po}}$, $\Delta\varphi''_{\Delta_{po}}$

Задаючи відстань AD поміж вісями валів BM та PO, а також, знаючи довжину кривошипа виконавчого механізму $AB = 200$ мм, попередньо приймається розмір кривошипа PO DC_1 .

Задаючи початкові кути положення кривошипів в межах 20-30°, збудувати їх взаєморозміщення у зручному масштабі.

Збудувати нові положення кривошипів BM та PO, спочатку для прирощень кутів $\varphi'_{\Delta_{BM}}$ та $\Delta\varphi''_{\Delta_{BM}}$, а потім для $\varphi'_{\Delta_{po}}$ та $\Delta\varphi''_{\Delta_{po}}$.

Оскільки положення точок C_1 , C_2 , і C_3 вибрано довільно, то не можна сподіватись, що відстані B_1C_1 , B_2C_2 , і B_3C_3 однакові. Для визначення дійсного розміру кривошипу $DC_{іст}$ та кута $\varphi_{іст}$ необхідно, використовуючи відрізки DB_2 і DB_3 , як радіуси кіл в точці D, побудувати частини кіл $B_2-B'_2$ і $B_3-B'_3$, повертаючи за стрілкою годинника радіуси DB_2 і DB_3 відповідно на кути $\Delta\varphi''_{\Delta_{po}}$ та $\Delta\varphi''_{\Delta_{po}} + \varphi'_{\Delta_{po}}$. Врешті-решт точки B_1 , B'_2 і B'_3 лежать на одному колі, центр якого визначає дійсне положення точки C, довжину кривошипа $DC_{іст}$ та початковий кут його установлення $\varphi_{po іст}$.

Для знаходження точки $C_{іст}$:

- з'єднати прямими точками B_1 і B'_2 , а також B'_2 і B'_3 ;
- із середини отриманих хорд йявного кола збудувати перпендикуляри до взаємного їх перетинання. Точка перетину і є положенням точки $C_{іст}$.

Довжина $DC_{іст}=720$ мм визначає у масштабі дійсну довжину кривошипа PO, а кут між $DC_{іст}$ і лінією AD дорівнює дійсному початковому куту його установлення $\varphi_{po іст}$.

Довжина тяги між кривошипами PO і BM дорівнює довжині відрізка $BC_{іст}=2386$ мм. 2.2.8 Маючи розміри ланок з'єднання і положення кривошипа

ВМ у трьох точках, визначити будовою нове значення кутів розташування кривошипа РО $\varphi_{\text{poi}}^{\text{II}}$.

Вибір виконавчого механізму

Вибір виконавчого механізму (ВМ) базується на зусиллі, які він повинен розвивати для зміни положення РО.

Для обертальних зсапонок величина моменту, Нм, необхідного для їх обертання визначають за формулою:

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

$$M = 2 * (3,71 + 0,21) = 7,84 \text{ , Нм}$$

Момент на валу ВМ повинен бути рівним або більшим момент, необхідного для обертання затулки. Реактивний момент, зумовлений прагненням потоку зачинити затулку, Нм:

$$M_p = 0,07 * \Delta P_{\text{зат}} * D_y^3$$

$$M_p = 0,07 * 1962 * 0,3^3 = 3,71 \text{ , Нм}$$

де, $\Delta P_{\text{зат}}$ - перепад тиску на затулці, Па; рекомендується брати рівним надлишковому тиску перед заслінкою.

Момент тертя в опорах, Нм:

$$M_m = 0,785 * D_y^2 * \Delta P_{\text{зат}} * r_{\text{ш}} * \lambda$$

$$M_m = 0,785 * 0,3^2 * 1962 * 0,01 * 0,15 = 0,21 \text{ , Нм}$$

де $\lambda=0,15$ – коефіцієнт в опорах тертя;

D_y – умовний діаметр, м;

$K=2-3$ – коефіцієнт, який враховує зтягнення за щільників та завантаженість трубопроводу.

При виборі ВМ, коли підрахований момент для обертання затулок, вважаємо, що між ВМ і РО існує механічне з'єднання, яке складається з двох кривошипів, та тяги між ними. Тобто вважаємо, що між зусиллям і моментом існує залежність виду $P=M/r$, де r – довжина кривошипа.

$$M = (M^* r) / R = (7,84 * 0,2) / 0,72 = 2,18 \text{ [Н·м]}, \quad (3.38)$$

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

$R=720$ [мм] – довжина кривошипу регулюючого органу.

Таблиця 3.5 - Вибір виконавчого механізму

Тип	Номінальний крутячий момент на вихідному валу, Н·м	Номінальний час повного ходу вихідного вала, с	Номінальний хід вихідного вала, оберти
МЭО –100/25 – 0,25	100	25	0,25

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1. Функціональна схема автоматизації системи управління нагрівом металу

ФСА визначає функціонально блочну структуру окремих вузлів автоматичного контролю і управління, а також оснащення об'єкта управління приладами та засобами автоматизації.

При побудові ФСА були розглянуті наступні контури:

- 1) контроль температури повітря;
- 3) контроль калорійності палива;
- 4) контроль тиску в трубопроводі газу;
- 5) контроль тиску в трубопроводі повітря;
- 6) контроль та регулювання температури робочого простору;
- 7) контроль та регулювання тиску в робочому просторі;
- 8) контроль та регулювання співвідношення газ-повітря;
- 9) відсічення газу та повітря;

У першому та другому контурі виконується контроль температури повітря, сигнал з термопар ТПР (поз.1а,2а) подається на клемно-блочні з'єднувачі (поз.1б,1в) ,в якому сигнал розподіляється на вторинний багатоканальний пристрій Метран 900 (поз.4е) та на аналоговий вхід контролера.

У третьому контурі виконується регулювання температури робочого простору. Задача САР температури у робочому просторі колодязя полягає у виборі та забезпеченні режиму роботи, необхідного для отримання металу з заданою температурою урахувавши при цьому початковий температурний стан злитків та відсутність при нагріві оплавлення поверхні. При цьому мають враховуватися вимоги до рівномірності нагріву злитків.

Використовується термопара типу ТПР 0392 (поз.3а), яка має перевагу перед іншими видами термопар завдяки необхідному діапазону значень (від 300 до 1600 °С).

Сигнал з термопари надходить на клемно-блочний з'єднувач(поз.3б), при цьому розподіляється на реєстратор Метран 900 та на аналоговий вхід контролера. Після виконання необхідних розрахунків у центральному процесорі з модуля дискретного виходу сигнал подається на пневморозподільвачі (поз.3д, 3ж),а потім на мембранні виконавчі механізми(поз.3е, 3з) які встановлені у трубопроводі повітря та газу.

У четвертому контурі представлено регулювання співвідношення газ повітря. САР співвідношення «газ-повітря» використовується для якісного спалювання палива. При нестачі повітря відбувається неповне згорання палива. Не спалений газ буде викидатися в атмосферу, що економічно й екологічно не припустимо. При надлишку повітря газ буде згорати повністю. Але залишки повітря будуть утворювати двоокис азоту, що екологічно неприпустимо, тому що це з'єднання шкідливе для людини і навколишнього середовища.

Первинним перетворювачами є діафрагми ДКС (поз.4а, 4в) ,сигнал з яких надходить на датчики перепаду тиску САФІР 22М (поз.3б, 4г), разом з сигналом від газоаналізатора АКВТ-01(поз.4ж), далі на клемно-блочний з'єднувач (поз. 4д) , де розподіляється між показуючим пристроєм Метран 900 та аналоговими входами контролера. Після цього сигнал з модуля дискретного виходу подається на перемикач режиму БРУ-32 (поз.4з),а далі на пускач ПБР-3А (поз.4к,4р),та на виконавчі механізми (поз.4с,4л). Також подається сигнал положення вихідного валу електричного виконавчого пристрою на ДУП-М (поз.4н,4п).

На п'ятому контурі представлено регулювання тиску робочого простору. Визначення тиску в робочому просторі колодязя необхідне для того, щоб при перевищенні верхнього чи нижньої межі, подавався

відповідний керуючий сигнал. У нагрівальному колодязі підтримується тиск 6,5-7,0 Па

Сигнал з датчика надлишкового тиску САФІР 22(поз.5а) надходить на клемно-блочний з'єднувач(поз.5б),де від розподіляється між пристроєм Метран 900 та аналоговим входом контролера. З модуля дискретного виходу сигнал подається на перемикач режиму БРУ 32(поз.5д),а далі на пускач ПБР 3А(поз.5ж),та виковий механізм(поз.5з). Сигнал положення вихідного валу надходить на датчик положення ДУП-М(поз.5к).

Контур відсічення газу та повітря представляє собою контроль та сигналізацію тиску на обох трубопроводах, щоб у разі виникнення аварійної ситуації перекрити подачу газу та повітря. Під аварійними ситуаціями розуміється падіння тиску газу або повітря, зупинка вентилятора,відключення електроживлення.

4.2 Принципова електрична схема системи автоматичного регулювання витратою природного газу

Принципова електрична схема (ПЕС) - схемна реалізація окремих контурів функціональної схеми автоматизації. Дана схема задає повний склад всіх приладів та технічних засобів, які входять в даний контур. На основі даної схеми розробляють монтажно-комутаційні схеми, зовнішніх з'єднань і підключень.

Принципова електрична схема контуру регулювання може бути розділена на дві частини. Перша – введення даних з об'єкта ,друга реалізація керуючого впливу.

Для регулювання витрати газу обраний контактний термоелектричний метод, а в якості датчика - термоперетворювач ТПР-0392. З терморпарі сигнал надходить до показуючого пристрою Метран 900. До комплексу показуючого пристрою належить регістратор Метран 900 та блок комутації. При вивченні особливостей технічних засобів був обрано блок К 1204,який має вхід

призначений для обробки сигналу з термопар, в моєму випадку ТПР-0392 типу В.

Компоновка контролера теж виконувалась з урахуванням можливості аналогового входу отримувати сигнал від термопари. Живлення модулів контролера виконується завдяки блоку живлення PS 307 та складає 24В. Далі в залежності від положення регулюючих контактів ,модуль дискретного виходу надає керуючий вплив на пневморозподілювачі.

4.3 Принципова електрична схема живлення

Принципова схеми живлення є проектним матеріалом, який використовують не тільки при розробці робочих креслень, але й при експлуатації змонтованих об'єктів.

Серед приладів, реалізуючих системи регулювання, є такі що потребують напругу живлення 380 В та 220В. Живлення здійснюється безпосередньо від існуючої мережі. Для запобігання виходу приладів з ладу в результаті раптового підвищення напруги застосовуються пакетні вимикачі.

Для від'єднання електроприймачів і ліній для ремонтних робіт застосовуються пакетні вимикачі.

4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА

Монтажна комутаційна схема щита проектується виходячи з принципово-електричної схеми та загального вигляду щита. На ній відображаються всі вторинні прилади та інші засоби автоматизації . Зв'язок між приладами здійснюється як шляхом з'єднання безпосередньо контактів технічних засобів проводкою, так і за допомогою клемних колодок, що дає перевагу при модернізації щита або заміні окремих технічних засобів.

Також на монтажно-комутаційній схемі показано зв'язок всіх приладів розташованих на щиті з приладами та технічними засобами які знаходяться поза щитом.

Креслення монтажно-комутаційної схеми щита необхідне для виконання електричної та трубої комутації приладів і засобів автоматизації в межах щита.

Схема виконана адресним методом, на якій відображені взаємозв'язки між пристроями розміщеними безпосередньо на щиті:

- дистанційні датчики положення ДУП-М;
- реєстратор Метран 900 та блок комутації К 1204;
- контролер;
- задатчик РЗД-12;
- перемикачі режиму управління;
- блоки живлення БП1-24;
- клемно-блочні з'єднувачі.

На щиті також розміщені клемні колодки ,через які відбувається зв'язок з приладами встановленими безпосередньо на об'єкті. За допомогою клемної колодки також на щит вводиться напруга живлення від мережі 220 В змінного струму.

4.5 Зовнішній вид шафи та вид внутрішній панелі

Шафи систем автоматизації призначені це пристрої ,на яких встановлюють технічні засоби і програмно-технічні комплекси,що забезпечують збір,обробку інформації та подання її експлуатаційному персоналу.

Було обрано шафу типу ЩШ-3Д з задніми дверми . Основні технічні параметри:

- висота шафи - 2200 мм;
- ширина шафи – 800 мм;

- глибина шафи – 600 мм;
- ступінь захисту – IP31.

Даний тип шафи призначений для експлуатації в цехах. Контролер та блоки живлення встановлюється на внутрішній панелі щита у зв'язку з високою запиленістю приміщення. На передній панелі встановлені датчики положення ДУП-М, Метран 900, задатчик та перемикачі режиму управління. На боковій стінці встановлені клемно-блочні з'єднувачі ,та клемні колодки. При кресленні цієї схеми були виведені габаритні розміри приладів та їх розміщення.

4.6 Схема зовнішніх з'єднань системи автоматичного регулювання витрати природного газу

Схема зовнішніх з'єднань електричних і трубних проводок це креслення на якому умовно у вигляді ліній зв'язку показуються електричні дроти,кабелі,що прокладаються поза щитами між окремими приладами та засобами автоматизації.

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Розрахунок параметрів наближеним методом

При цьому методі враховується середньогрупові інтенсивності відмов елементів системи та досвід експлуатації аналогічних виробів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Вхідні данні

Термопара	Метран 900	Контролер	Задатчик	Пневморозподільвач
0,1	0,9	0,7	0,9	4,3

- розраховується загальна сумарна інтенсивність відмов всієї системи автоматичного регулювання (САР):

$$\lambda'_{\text{заг}} = k * \sum_{i=1}^m \lambda_{0i} * n_i = 2,5 * 10^{-6} (0,1+0,9+0,7+0,9+4,3*2) = 2,5 * 11,2 * 10^{-6} = 28 * 10^{-6} \text{ [1/год]}, \quad \dots \quad (5.1)$$

де k – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР;

λ_{0i} - середня інтенсивність відмов відповідної групи;

m – кількість груп;

n_i - кількість елементів у групі.

- розраховується наробіток на відмову:

$$T'_0 = \frac{1}{\lambda'_{\text{заг}}} = \frac{1}{28 * 10^{-6}} = 35714,2 \text{ [год]}; \quad (5.2)$$

- розраховується імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P'(t) = e^{-\lambda'_{зар}} = e^{-\frac{t}{T'_0}} = e^{-\frac{35000}{35714,2}} = 0,98; \quad (5.3)$$

Таблиця 5.2 - Результати розрахунків параметрів надійності наближеним методом

Назва і типи елементів	Середнє значення інтенсивності відмов $\lambda_{OI} * 10^{-6}, \frac{1}{год}$	Узагальнений коефіцієнт, К	Суммарна інтенсивність відмов $\Lambda_{заг}^1 * 10^{-6}, \frac{1}{год}$
Первинний перетворювач	0,1	2,5	$28 * 10^{-6}$
Вторинний прилад	0,9		
Контролер	0,7		
Задатчик	0,9		
Пневморозподільювач	$4,3*2$		

Таблиця 5.3 - Дані для побудови графіку залежності $P'(t)$

t, год	0	$0,5T_0^1$	T_0^1	$1,5T_0^1$	$2T_0^1$	$2,5T_0^1$	$3T_0^1$	$3,5T_0^1$	$4T_0^1$
$P'(t)$	1	0,60	0,37	0,22	0,13	0,083	0,05	0,03	0,018

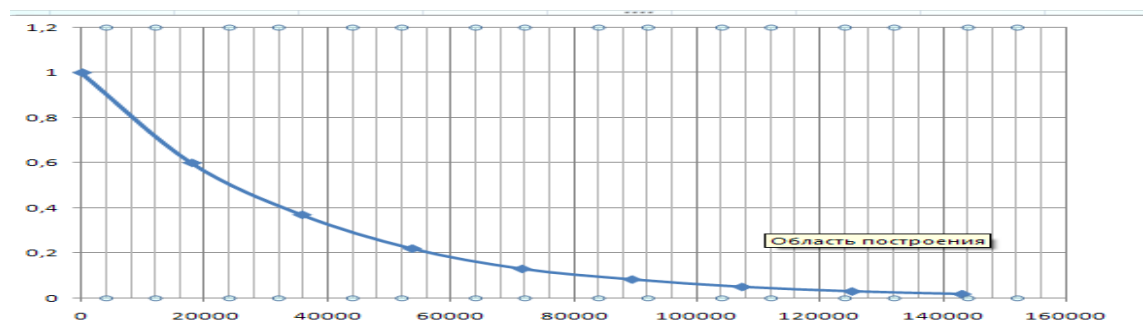


Рисунок 5.1- Графік залежності $P'(t)$:

5.2 Повний розрахунок параметрів надійності

Для визначення коефіцієнтів навантаження елементів роблять розрахунки режимів роботи схеми або приймають рекомендовані коефіцієнти згідно статистичним даним. Вплив дестабілізуючих чинників враховуються за поправними коефіцієнтами, які визначаються конкретними умовами експлуатації та технічними параметрами.

Алгоритм розрахунку наступний:

- визначається кількість груп елементів (m) системи та кількість елементів у кожній групі (n_j), які мають однакові коефіцієнти навантаження K_i та однакові інтенсивності відмов.

$$a = 0,66$$

Таблиця 5.4 - Коефіцієнти навантаження

$K_{\lambda 1}$	$K_{\lambda 2}$	$K_{\lambda 3}$
1,04	2,5	1,1

- розраховується комплексний поправочний коефіцієнт:

$$K_{\lambda} = K_{\lambda 1} * K_{\lambda 2} * K_{\lambda 3} = 1,04 * 2,5 * 1,1 = 2,86; \quad (5.4)$$

- розраховується загальна інтенсивність відмов:

$$\Lambda''_{3AG} = K * K_{\lambda} * \sum_{i=1}^m \lambda_{oi} * n_j \frac{1}{\text{год}},$$

$$\Lambda'' = 9 * 2,5 * 2,86 * 0,66(0,1 + 0,9 + 0,7 + 0,9 + 4,3 * 2) = 437,621 * 10^{-6} \text{ [1/год]}, \quad (5.5)$$

- розраховується наробіток на відмову:

-

$$T_0'' = \frac{1}{\Lambda_{3AG}''} = 2285 \text{ [год]};$$

- розраховується вірогідність безвідмовної роботи САР :

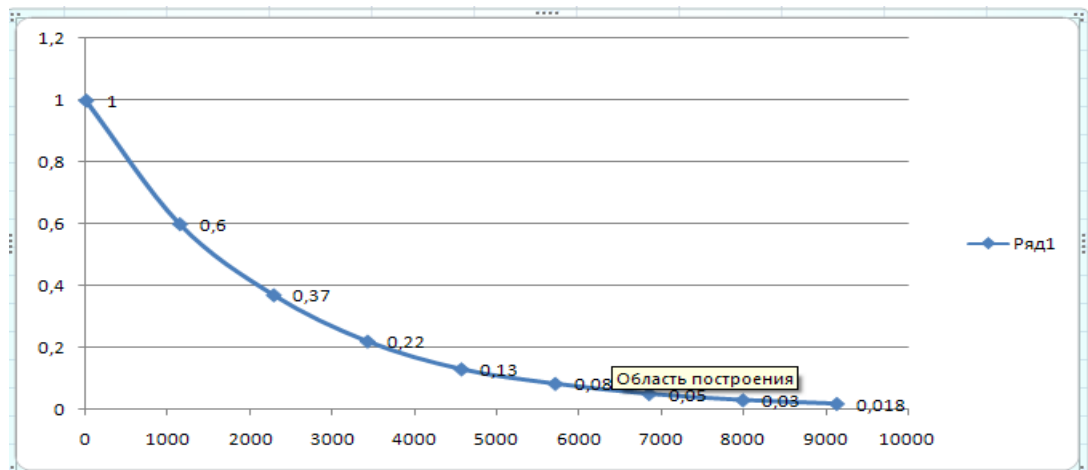
$$P''(t) = e^{-\Lambda_{3AG}'' t} = e^{-\frac{t}{T_0''}} \quad (5.6)$$

Таблиця 5.5 - Дані і результати розрахунків параметрів надійності точним методом

Назва і типи елементів	Середнє значення інтенсивності відмов $\lambda_{oi}'' * 10^{-6}, \frac{1}{\text{год}}$	Комплексний поправочний коефіцієнт, K_{λ}	Сумарна інтенсивність відмов $\Lambda_{3AG}'' * 10^{-6}, \frac{1}{\text{год}}$	Напрацьованість на відмову $T_0'', \text{ год}$
Первинний перетворювач	0,1	2,86	437,621	2285
Вторинний прилад	0,9			
Контролер	0,7			
Задатчик	0,9			
Пневморозподільвач	4,3*2			

Таблиця 5.6 - Дані для побудови графіку залежності $P''(t)$:

t, год	0	$0,5T_0^1$	T_0^1	$1,5T_0^1$	$2T_0^1$	$2,5T_0^1$	$3T_0^1$	$3,5T_0^1$	$4T_0^1$
$P''(t)$	1	0,60	0,37	0,22	0,13	0,083	0,05	0,03	0,018

Рисунок 5.2 - Графік залежності $P''(t)$:

З графіків видно, що розрахунок параметрів надійності, який зроблений з урахуванням режиму роботи елементів і впливом дестабілізуючих чинників є точнішим, ніж розрахунок параметрів наближеним методом. При цьому ймовірність безвідмовної роботи САР значно зменшується з плином часу при точному розрахунку.[12]

Гарантійний термін роботи САР :

$$T_{\Gamma} = \frac{T_0}{4 * K_{\text{дн}} * M} ; \quad (5.7)$$

де $K_{\text{дн}}$ - кількість днів роботи в місяць;

M - кількість місяців роботи за рік.

$$T_{\Gamma} = \frac{2285}{4 * 31 * 12} = 1,5 [\text{рік}] ;$$

Середнє значення тривалості відновлення САР, якщо потрібне повне відновлення:

$$T_B = \sum_{j=1}^q T_{Bj} * m_j , [\text{год}] ; \quad (5.8)$$

де q - кількість груп елементів, які мають однакову тривалість відновлення;

T_{Bj} - середнє значення тривалості відновлення, година;

m_j - кількість елементів в групі.

$$T_B = 0,8 \cdot 6 = 4,8 \text{ год.}$$

Таблиця 5.7 - Дані для розрахунку тривалості відновлення

Назва і типи елементів	Середнє значення тривалості відновлення T_{Bj} , год	Кількість елементів у групі, m_j
Перемикачі	0,8	6

Коефіцієнт готовності :

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + \Lambda_{\text{заг.}} \cdot T_B} = 0,99979 \quad (5.9)$$

При створенні і експлуатації автоматичних систем необхідно прагнути забезпечити задану, а іноді і максимальну надійність системи при експлуатації. Проте на практиці створення складних автоматичних систем в більшості випадків не вдається не лише отримати максимальну надійність, але і забезпечити навіть при звичайному підході до проектування і експлуатації мінімальну необхідну надійність системи. Тому при створенні і експлуатації систем необхідно вживати спеціальні заходи, спрямовані на підвищення надійності систем.

Способи підвищення надійності автоматичних систем дуже різноманітні і вимагають від осіб, що створюють системи, як широких наукових і теоретичних знань, так і інженерного мистецтва, великого досвіду і т. д.

При розробці схеми і конструкції мають також бути передбачені заходи, що дозволяють підвищити надійність системи при експлуатації, а

саме: блокова конструкція системи, використання стандартних і уніфікованих вузлів і блоків, зручність перевірок і обслуговування та ін.

Таким чином, на стадії проектування надійність нерезервованої системи забезпечується наступними основними методами:

1) вибором простих і стабільних схем, що враховують також можливості підвищення надійності системи при експлуатації;

2) застосуванням якісних і перспективних елементів і вибором режимів роботи елементів, що відповідають зниженим електричним навантаженням;

3) розробкою конструкції системи і приладів, що забезпечують мінімальні навантаження на систему і елементи, а також зручність обслуговування системи.

Окрім цього слід застосовувати агрегати з високою надійністю і довговічністю, які забезпечуються самою природою, тобто швидкохідних агрегатів без механічних передач, наприклад, на електростанціях, агрегатів і деталей, працюючих на чистому рідинному терті або без механічного контакту (електричне гальмування, безконтактне електричне управління); деталей, працюючих при напрузі нижче меж витривалості, та ін.

6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

В документації систем автоматизації виконують специфікацію обладнання. Специфікації призначені для читання проектної документації зібраної на основі замовної документації, організації виготовлення щитової продукції і підготовки проведення робіт по монтажу технічних засобів автоматизації.

Специфікація обладнання складається з розділів:

- прилади та засоби автоматизації;
- агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки;
- щити та пульти управління;
- електроапаратура;
- трубопровідна арматура;
- кабелі та дроти;
- вузли та конструкції;
- матеріали та монтажні роботи.

Замовна специфікація наведена у Додатку А

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації

Одним з важливих компонентом є організаційне забезпечення системи автоматизації. Для того щоб система працювала злагоджено потрібен персонал з 15 осіб.

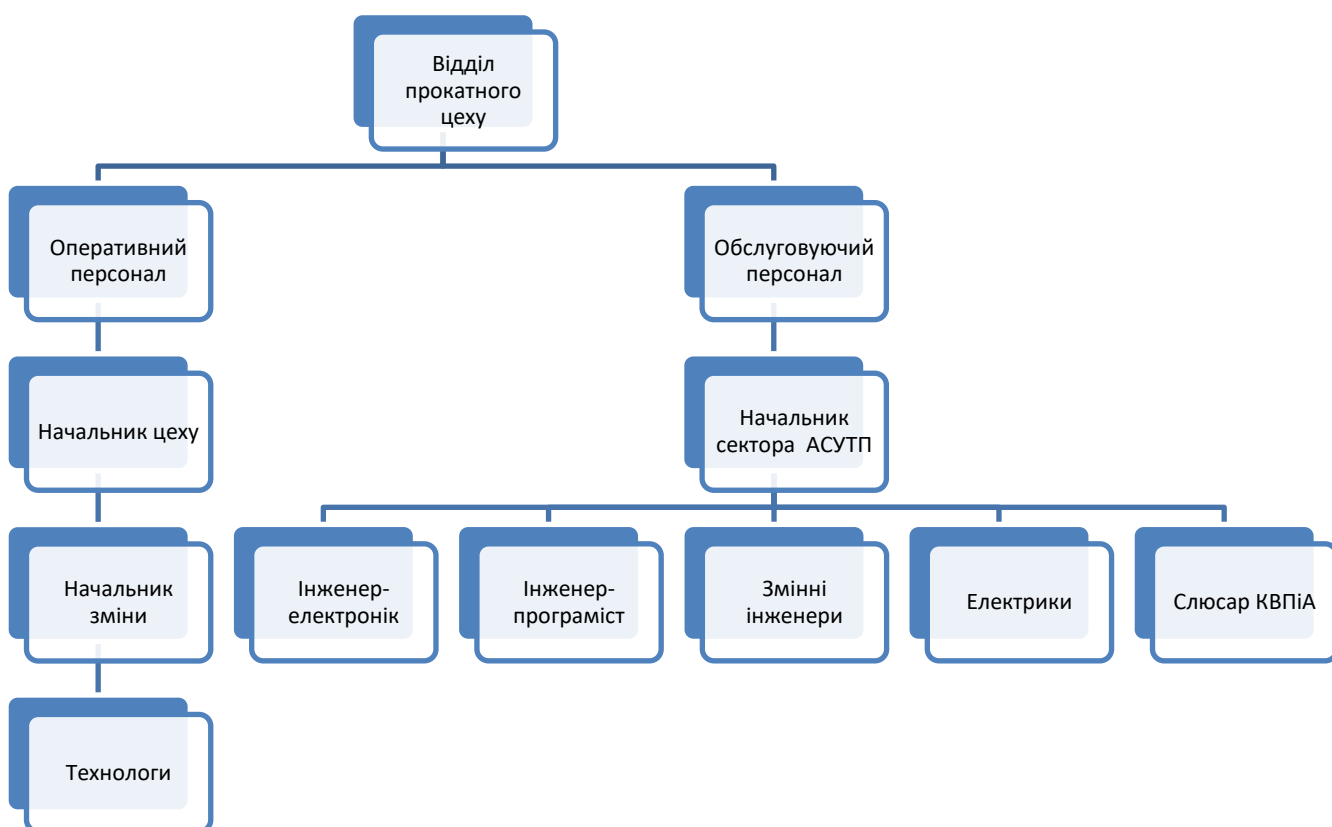


Рисунок 7.1 - Структурна схема організаційного забезпечення

Виробничий персонал повинен мати спеціальну освіту або пройти професійну підготовку на виробництві з метою оволодіння знаннями, навичками і кваліфікацією для виконання своїх функцій. Працівники повинні

мати навички роботи з мікропроцесорними контролерами та систематично удосконалювати свої знання, кваліфікацію і професійну майстерність.

Така кількість та кваліфікація персоналу зумовлена такими чинниками:

- складність роботи з системою автоматизації;
- необхідність постійного контролю технологічних параметрів;
- необхідність в дотриманні режиму роботи у зв'язку з неперервністю протікання процесу;

7.2 Розрахунок техніко-економічних показників

Для реалізації проекту знадобиться капіталовкладення у сумі 165000 грн.

Таблиця 7.1 - Калькуляція собівартості продукції

	Витрати	Сума, грн.
	Придбання технічних засобів	79 420
	Придбання ЗІП	51 060
	Програмне забезпечення	18 300
	Заробітна плата	10 000
	Експлуатація ЕВМ	6 2000
	Втрати від браку	247 500
	Підсумок	412 480

Під витратами на технічні засоби розуміється придбання первинних перетворювачів, вторинних приладів, промислового контролера та виконавчих пристроїв ,з комплектом ЗІП.

Під витратами на програмне забезпечення розуміється придбання ПЗ Win PLC7 для РС , мови LAD/STL/FBD, для програмування, діагностики та

відладки, кабель зв'язку PLC VIPA—>PC " Green Cable, PLC VIPA—>PC " MPI-PPi(RS232) інтерфейс", OP-Manadger.

З впровадженням нової системи ми бачимо, що втрати зменшилися на 1% = 247500 грн..

Розрахунки впровадження нової системи автоматизації дозволяють говорити про їх економічну обґрунтованість та доцільність.

Таблиця 7.2 - Економічна ефективність від впровадження системи автоматизації

Система керування ТП	Діюча система керування ТП	Спроектована система керування ТП
Витрати/прибуток		
Витрата палива	10 000 000 м ³ /рік 4 833 333 грн.	9 100 000 м ³ /рік 4 398 000 грн.
Виробництво якісного металу	22 050 т	22 275т
Брак продукції	2%	1%
Ціна металу за 1т.	1100 грн.	
Прибуток від реалізації продукції	24 255 000 грн	24 502 500 грн
Прибуток з урахуванням витрат	19 421 667 грн	20 104 500 грн
Різниця	628 833 грн.	

До найважливіших економічних категорій, які характеризують ефективність діяльності системи автоматизації на основі виробничого розрахунку, відносять рентабельність. Вона показує дохідність та прибутковість підприємства. Рентабельно працює підприємство тоді, коли воно отримало надлишок над витратами на впровадження системи у вигляді доходу.

$$\text{Рентабельність} = \text{Прибуток/Виручка} = 24\,002\,500 / 24\,502\,500 = 97\%$$

Можна зробити висновок про те, що впровадження системи економічно доцільне, оскільки приносить прибуток і має достатні показники рентабельності.

Порівнюючи існуючу та спроектовану системи маємо:

- економія всіх видів ресурсів;
- підвищення продуктивності праці;ис
- зниження втрат від браку на 1%;
- застосування новітньої технології;
- зміна структури виробничої програми;
- отримання прибутку.

Термін окупності впровадження системи складає 1,5 року.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА

8.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих факторів

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, психофізіологічні і біологічні. На території цеху негативно діють наступні фізичні фактори: рухомі машини і механізми, підвищений рівень шуму, підвищений рівень інфрачервоного випромінювання, підвищена температура повітря в літній період часу, підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони. Підвищений рівень шуму, на території прокатного цеху, створюють:

- вузли рухомих машин і механізмів (характер шуму механічний);
- пальники печі що працюють на газоподібному паливі (характер шуму термічний).

За спектром виробничого шуму можна судити про характер його джерела, а також визначити найбільш небезпечні та шкідливі для організму звуки. Частотний розподіл (спектр) виробничого шуму умовно ділять на три діапазони: низькочастотний (до 300 Гц), середньочастотний (300-800 Гц) і високочастотний (понад 800 Гц). Загальний рівень звукового тиску на території цеху становить 84 дБ, при нормі 80 дБ.

Виробничий шум за характером, інтенсивності звукового тиску, частоті і тривалості впливу на працюючих, може призвести до перенапруження нервової системи, зниження гостроти слуху та негативному впливу на фізіологічні функції організму

До психофізіологічних шкідливих факторів відноситься фізичне перевантаження.

Основні чинники виробничого процесу показані в табл.8.1

Таблиця 8.1 - Оцінка чинників виробничого та трудового процесу

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну %
			Іст.	Іс т	ІІІ ст.	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ 1 клас безпеки: Ангідрид хромовий; Нікелю оксиди 2 клас безпеки: Марганець оксиди (MnO ₂) 3-4 класи безпеки: Кремнію діоксид; Азоту діоксид (NO ₂)	0.01 0.05 0.3 1.0 2.0	0.016 0.054 0.35 1.65 2.53	1.6р 1.08р 1.2р 1.65р 1.27р			88 88 88 88 88
Пил, переважно фіброгенної дії. мг/м ³ Кремнію діоксид 2,19 %	4.0	2.49				88
Вібрація (загальна), дБ	92	95	3			88
Шум, дБА	80	84	4			88
Інфразвук, дБ						
Ультразвук, дБ						
Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, в/м - діапазон промислової частоти, кв/ м ²						

Мікроклімат приміщенні:	в						
-температура повітря, °С		13-26	41.0			15	88
-швидкість повітря, м/с		0.6	0.3				88
-відносна вологість повітря %		75	41				88
-інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	руху	140		2200		2220	88
						0	

Джерелом підвищеного інфрачервоного випромінювання є: випромінювання від пальників печі, випромінювання з завантажувального вікна, становлять 2200 Вт/ м². Інфрачервоне випромінювання впливає на функціональний стан людини, його нервову і серцево-судинну системи [27].

8.2 Заходи з поліпшення умов праці

Обертіві частини (вали) електродвигунів, редукторів закриті захисними кожухами, які закріплені до підлоги. Виявлені несправності негайно виправляються. Система автоматизованого управління передбачає припинення подачі природного газу відсічним клапаном, у разі виникнення аварійної ситуації. У таких випадках подається звуковий і світловий сигнал (дзвінок гучного бою і сигнальна лампа). Аварійне відсічення подачі газу на повітря передбачається у випадку відкриття кришки колодязя.

Одним з важливих профілактичних засобів попередження стомлення при дії інтенсивності шуму є чергування періодів роботи і відпочинку при дії шуму, відпочинок знижує негативний вплив шуму на працездатність.

Кількість робочих годин на день і на тиждень забезпечує необхідні періоди відпочинку, які, включають:

- короткі перерви в робочий час, особливо коли робота є важкою, небезпечною або одноманітною, щоб працівники мали можливість відновити уважність і хорошу фізичну форму;

- достатні перерви для прийняття їжі;
- денної або нічний відпочинок;
- щотижневий відпочинок.

Продовжені зміни (понад вісім годин) призначають тільки в тому випадку, якщо:

- це дозволяють характер роботи та робоче навантаження;
- зміни організовані так, щоб мінімізувати накопичення втоми [29].

8.3 Виробнича санітарія

8.3.1 Освітлення

У термічному цеху передбачено суміщене освітлення, тобто штучне і природне. За умовами зорової роботи приміщення належить до другої групи, так як розпозпізнання об'єктів проводиться при нефіксованим лінії зору. Розряд зорової роботи VII - робота з сигналізуючими матеріалами в гарячих цехах.

Коефіцієнт природного освітлення становить $K_{\text{ПОН}}=1,8\%$.

Природне освітлення комбіноване (верхнє і бокове). Освітлення забезпечується одночасно через світлові прорізи в стінах і аераційних ліхтарях. У процесі експлуатації, внаслідок забруднення і старіння світлопрозорих заповнень у світлових прорізах, джерел світла (ламп), а також зниження відбиваючих властивостей поверхні приміщення знижується освітленість.

Штучне освітлення передбачає: робоче, аварійне, евакуаційне. Робоче освітлення призначене для забезпечення нормальної роботи в звичайних умовах і складає $E=200\text{лк}$.

Висота виробничого приміщення значна - 14 м, тому для освітлення території світильники СДДРЛ з лампами ДРЛ-1000. Використовуються світильник пилонепроникного виконання [18].

8.3.2 Вентиляція

Вентиляція є засобом забезпечення потрібних гігієнічних якостей повітря.

За використанням способу переміщення повітря розрізняють природну і примусову вентиляцію.

Будівля цеху відноситься до розряду багатопролітних цехів, тому на його території використовується змішана вентиляція. На території прокатного цеху передбачена природна вентиляція-аерація. Її застосування обумовлене значними тепловиділеннями і тому на території відділення, для припливу зовнішнього повітря, передбачені прорізи у зовнішніх стінах. Прорізи розташовані на висоті 4 м від підлоги. Крім природної вентиляції в цех передбачена і припливно-витяжна механічна вентиляція, зокрема в майстернях та в приміщеннях пультів управління [28].

8.3.3 Мікроклімат

Мікроклімат виробничого приміщення обумовлений діючим на організм людини поєднанням таких факторів як: температура, вологість, швидкість руху повітря і інфрачервоне випромінювання.

Територія прокатного цеху відноситься до приміщень, де виконуються роботи, які відносяться до категорії - важкі і тому повинні діяти такі вимоги:

- оптимальне інфрачервоне випромінювання $<140 \text{ Вт/м}^2$ (довжина хвилі 3000-4500 нм);
- оптимальна температура повітря становить 18-20 °C (допустима 13-26 °C);
- оптимальна відносна вологість 40-60% (допустима 75%);

- оптимальна швидкість руху повітря не більше 0.4 м / с (допустима 0,2-0,6 м/с).

Підвищена температура повітря в літній період часу - 41 °С при допустимому значенні 13-26 °С. Взимку в цеху температура не вище 15 °С.

У мікроклімату виробничого приміщення на території прокатного цеху, перевищені нормативні показники по температурі і інфрачервоному випромінюванню, тоді як інші показники в нормі. Заходи захисту працюючих від теплонадлишків це екранування робочих місць або джерел випромінювання :екрани - теплопоглинальні і тепловідвідні [29].

8.3.4 Шум

В якості інженерних рішень по боротьбі з шумом пропонуються засоби і методи колективного захисту.

Залежно від способу реалізації вони поділяються на: акустичні, організаційно-технічні та архітектурно-планувальні.

До організаційно-технічних методів щодо зниження шуму на території цеху можна віднести використання раціональних режимів праці та відпочинку робітників.

До архітектурно-планувальних методів боротьби з шумом, крім тих які застосовувалися при проектуванні будівлі і раціональному розміщенні обладнання, машин і механізмів, можна віднести створення додаткових шумозахистних зон, шумоізольованих кімнат відпочинку, пультових приміщень. В якості індивідуальних засобів захисту працівників від шуму застосовують противошумні вкладиші (беруші).

8.4 Електробезпека

Приміщення цеху, по небезпеці ураження електричним струмом, відноситься до особо небезпечним. Це обумовлено наявністю трьох факторів:

агресивного середовища (пари і газу), підвищеної температури і струмопровідного пилю.

Магістральні мережі виконуються відкритими шинопроводами, які застосовуються для магістралей до яких безпосередньо приймачі електроенергії не підключаються. Вони виконуються алюмінієвими шинами, закріпленими на ізоляторах, і прокладаються по колонах цеху на недоступній висоті [25].

Живлення електричних розподільних пунктів (РП) від відкритих шинопроводів виконують кабелем або проводом, прокладеним у трубах.

Небезпечний і шкідливий вплив на людей електричного струму, електричної дуги і електромагнітних полів виражається у вигляді електротравм та професіональних захворювань [23].

Ступінь небезпечної і шкідливої дії на людину вищеперерахованих факторів залежить від: тривалості впливу на організм людини, роду і величини струму і напруги, частоти електричного струму, шляху проходження струму через тіло людини.

Небезпечні для життя діючі електродвигуни електромостові крани, ролики і вантажні візки живляться напругою 380 В і 500 В змінного струму і частотою 50 Гц.

Основні причини, які можуть викликати ураження людини електричним струмом на робочому місці це дотик до металевих частин обладнання, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції або пробоїв на корпусі.

Безпека експлуатації електроустановок забезпечується наступними захисними заходами:

- застосуванням подвійної ізоляції;
- захищеність від несанкціонованого доступу струмоведучих частин;
- апаратурою із самовідключенням та блокуваннями, застосуванням малих напруг (36В; 12 В);

- заземленням металевих частин які можуть бути під напругою при пошкодженні основних ізоляцій струмоведучих частин;
- вирівнюванням потенціалів і застосування ізолюючих площадок.

Всі електроустановки виконані у відповідності з ПУЕ, всі нетоковедущі металеві елементи електроустановок мають видиме заземлення. Усе електрообладнання має закрите і пилозахисне виконання.

8.5 Пожежна безпека

На території заводу всі будівлі поділяються на категорії: А, Б - вибухонебезпечні; В, Г, Д - пожежонебезпечні.

Прокатний цех належить до категорії Г, так як виробництво пов'язане з нагрітим металом, процес обробки якого супроводжується виділенням променевого тепла, а природний газ використовується як паливо. У відповідності з ПУЕ виробниче приміщення належить до пожежонебезпечного, так як в приміщенні постійно або періодично обертаються горючі речовини, технологічний процес пов'язаний із застосуванням відкритого вогню, технологічні апарати мають поверхні, нагріті до температури самозаймання [24].

На даній ділянці слід передбачити виникнення пожеж класу С і Е. С-пожежі газів, Е-пожежі, пов'язані з горінням електроустановок. Так як будівля цеху з несучими та огорожувальними конструкціями з залізобетону з застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів і в покритті будівлі застосовуються незахищені сталеві конструкції-ступінь вогнестійкості 2. Межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі поширення вогню по них визначаємо з наведеною в таблиці.

Таблиця 8.2 - Межі вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості будівель		П	
Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (над межею) і максимальні межі розповсюдження вогню по них (під межею)	Стіни	Несучі і сходових кліток	2/0
		Самонесучі	1/0
		Зовнішні, несучі (з навісних панелей)	0,25/0
		Внутрішня несуча (перегородка)	0,25/0
	Колони		2/0
	Сходові майданчики, ступені, балки і марші сход. кліток		1/0
	Плити, настили (з утеплювачем) і ін. несучі конструкції		0,75/0
	Елементи покрівель	Плити, настили (з утеплювачем і прогонами)	0,25/0
		Балки, ферми, арки і рами	0,25/0

У кабельних відсіках і тунелях прокатного цеху застосовується система автоматичної сигналізації з димовими датчиками і система пожежогасіння. На території електричних підстанцій застосовується система автоматичного пожежогасіння. Інертні речовини (інертний газ, CO₂) застосовують для гасіння речовин, що взаємодіють з водою, цінних предметів та електроустановок під напругою. У відділенні передбачені евакуаційні виходи з виробничого приміщення безпосередньо назовні, призначення яких - забезпечити безпечну евакуацію людей, що знаходяться в будівлі на випадок виникнення пожежі або аварії. Ефективність і своєчасність евакуації досягається пристроєм шляхів евакуації, кількість, протяжність і ширина яких задовольняє нормативним вимогам. Ширина основних проходів всередині цеху не менш 1,5 м, а ширина проїздів - 2,5 м. потоки людей у всіх випадках мають прямий напрямок без перетину зустрічного руху. Виходи задовольняють безпечної та організованої евакуації людей за своїм

конструктивним виконанням і пропонованим до них планувальним вимогам [25].

Розрахункові пожежні витрати води на зовнішнє і внутрішнє пожежогасіння відповідно становить 5-10 л/с. У первинний комплект засобів пожежогасіння включені: вогнегасники порошкові (ВП-10), вогнегасники вуглекислотні (ВВК-5), ящики з піском, ломи, відра, лопати. Також для ліквідації пожежі передбачена пожежна установка УВП-400.

Для захисту від блискавок застосовують ізольовані від будівель окремостоячі блискавкоприймачі стрижневого або тросового типу. Стрижневі блискавкоприймачі являють собою один, два або більше вертикальних стрижнів, Для захисту від корозії блискавкоприймачі фарбують. Кожен блискавковідвід має окремий заземлювач перерізом не менше 35 мм² із сталевого дроту, катанки або смугової сталі [31].

Заземлювачі бувають поверхневі, поглиблені або комбіновані. Їх розполагают в малодоступних місцях. Всі частини з'єднуються зварюванням. Опір заземлювача для кожного блискавковідводу не повинно перевищувати 10 Ом. Улаштування блискавкозахисту виконуються згідно з нормативними документами.

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи здійснено розробку системи автоматизації процесом нагріву злитків у термічній печі із нерухомим подом.

Представлена характеристика термічної печі із нерухомим подом та описаний технологічний процес нагріву злитків. Розглянуто існуючий рівень автоматизації з виявленням недоліків діючої системи.

Розроблена функціональна схема автоматизації термічної печі із нерухомим подом, вибрані технічні засоби автоматизації та приведені розрахунки регулюючого органу та виконавчого механізму. Проведено вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА. Обрано програмне середовище Win PLC7 та розроблено алгоритм сигналізації та протиаварійного захисту технічного обладнання. За існуючим алгоритмом створено програмний код.

Розроблені принципова електрична, монтажна комутаційна схеми, схема зовнішніх з'єднань і спроектовано приладову шафу КВПіА.

У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів на території термічного цеху, розроблені заходи щодо їх запобігання.

При розрахунку надійності системи автоматизації визначений гарантійний термін роботи САР, який складає 1,5 року.

Після розрахунку техніко-економічних показників було виявлено що впровадження системи обійдеться у 412 480 грн.

З впровадженням нової системи втрати зменшилися на 1% який складає 247 500тис. грн.. Строк окупності системи складає близько 1,5 року.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Металургійна теплотехніка* : збірник наукових праць Національної металургійної академії України. Дніпро : «ПП Грек О.С.», 2020. 364 с.
2. Інформаційні технології в металургії. URL: it.edu.ua/news/16-05-2022-informatsijni-tehnologiji-v-metalurgiji-ta-mashinobuduvanni-itmm-2022 (дата звернення 15.10.22).
3. Свинолобов Н.П. Печи черной металлургии : Учебное пособие для вузов. Днепропетровск : Пороги, 2004. - 154 с.
4. А.Н.Пейсхахов, А.М.Кучер «Материаловедение и технология конструкционных материалов» : учебник. Изд-во Михайлова., 2004. 407 с.
5. Металургійні підприємства України.
URL: http://www.steeltorg.com.ua/mp/mp_27.php (дата звернення 20.10.22).
6. Роль математичного моделювання при проведенні теплотехнічних розрахунків.
URL:
http://www.nakal.ua/index.php?page=Lib&action=show_item&id=10 (дата звернення 03.11.22)
7. Етапи побудови комп'ютерних моделей.
URL: <http://fio.ifmo.ua/archive/group15/c1wu3/steps.htm> (дата звернення 21.12.22).
8. Консультаційний центр Matlab компанії Softline. URL: <http://matlab.exponenta.ua/> (дата звернення 14.01.23).
9. Кетков Ю., Кетков А., Шульц М . MATLAB 6.x: Програмування числених методів. Київ, 2004. 753 с.

10. Емпірико-теоретичні методи дослідження систем управління. URL: <http://examen.od.ua/upravlen/page117.html> (дата звернення 22.01.23).
11. Свинолобов Н.П., Бровкин В.Л. Теоретические основы металлургической теплотехники: учеб.пособие. Днепропетровск : НметАУ, 2000. 195 с.
12. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровський А.Х. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. Енергоатоміздат, 1990. 464 с.
13. Зінченко Ю.М., Барішенко О.М. Теорія автоматичного управління. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 35 с.
14. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації. Цифрові регулятори. Запоріжжя : ЗДІА, 2009.-84 с.
15. Ніколаєнко А.М. Програмування ПЛК у Softlogic-системі. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 203с.
16. Солодовников В.В., Коньков В.Г. Мікропроцесорні автоматичні системи регулювання. Київ: Вища школа, 1991. 255 с.
17. Полянський Г.О. Методичні вказання к розрахунку надійності систем автоматизованого керування. Запоріжжя : ЗДІА, 2003. 24с.
18. Барішенко О.М. Контрольна робота з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень». Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 26с.
19. Закон України «Про охорону праці». Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів. 1 том. Київ, 2003.
20. Ткачук К.Н., Бересневич П.В. та ін. Охорона праці : підручник для студентів вищих закладів освіти.
21. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Львів : Афіша, 2000. 351с.
22. Панасейко С.П. Гігієна праці і виробнича санітарія. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 220с.
23. Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства. ДНАОП 0.00-4.09-93.

24. Галузеві нормативно-правові акти з питань управління охороною праці у галузі.

25. Державні стандарти України (ДСТУ) з питань охорони праці.

26. Галузеві нормативно-правові акти щодо вимог безпеки до виробничого обладнання, технологічних процесів, безпечної організації виконання робіт.

24. Пожежна безпека. Нормативні акти та інші документи т. 1,2,3,4.

25. Долін П.А. Основи техніки безпеки в електроустановках. : навч. пособ. для вузів. Київ : Вища школа, 1983. 442 с.

26. Інструкція по влаштуванню блискавкозахисту будівель, споруд і промислових комунікацій: Видавництво МЕІ, 2004. 57 с.

27. Румянцев В.Р. Охорона праці та техногенна безпека : метод. вказівки до виконання розділу дипломних проектів для студ. ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 43 с.

ДОДАТОК А