МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

першого (бакалаврського) рівня освіти
(рівень вищої освіти)

на тему Проєкт автоматизації установки для відновлення титану в умовах сучасного підприємства. Система автоматичного регулювання температури у реакторі

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1743-с3
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно - інтегровані технології та робототехніка
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва освітньої програми)
Р. А. Ярошик
(підпис та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Овчинникова І. А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент директор ТОВ «Електротехмаш»
Курілець І. А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя 2025

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 174 «Автоматизація, комп'ютерно -інтегровані технології та робототехніка__
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕІКФС
_____ Коваленко В.Л.
"___" _____ 20__року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Ярошику Ростиславу Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проєкт автоматизації установки для відновлення титану в умовах сучасного підприємства. Система автоматичного регулювання температури у реакторі
керівник роботи Овчинникова І. А., доцент, канд.техн.наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «27» грудня 2024 року № 2029-с
2 Строк подання студентом роботи 10 червня 2025 р.
3 Вихідні дані до роботи технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації; розробка схеми інформаційних потоків; розробка технічного завдання; структура програмно-технічного комплексу; проєктування системи автоматизації відновлювальної печі; розробка технічної документації; розрахунок системи автоматизації та показників її надійності; техніко-економічних показники; охорона праці та техногенна безпека
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): функціональна схема автоматизації, принципові електричні схеми, монтажно-комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань.

6 Консультанти розділів роботи

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

7 Дата видачі завдання 14.04.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючого рівня автоматизації	14.04-20.04.25	виконано
2	Розробка схеми інформаційних потоків	21.04-27.04.25	виконано
3	Розробка технічного завдання	28.04-04.05.25	виконано
4	Вибір структури та складу програмно-технічного комплексу	05.05-11.05.25	виконано
5	Проектування системи автоматизації ковпакової печі	12.05-18.05.25	виконано
6	Розробка технічної документації	19.05-25.05.25	виконано
7	Розрахунок системи автоматизації та показників надійності	26.05-01.06.25	виконано
8	Розрахунок техніко-економічних показників	02.06-05.06.25	виконано
9	Розгляд питань охорони праці та техногенної безпеки	06.06-10.06.25	виконано
10	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю, підготовка доповіді	11.06-16.06.25	виконано

Студент _____ Ростислав ЯРОШИК
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Ірина ОВЧИННИКОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Ірина ОВЧИННИКОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Ярошик Р. А. Проєкт автоматизації установки для відновлення титану в умовах сучасного підприємства. Система автоматичного регулювання температури у реакторі

Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», науковий керівник І. А. Овчинникова, Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2025.

Метою роботи є розробка системи автоматичного регулювання температури у реакторі установки для відновлення титану.

У загальній частині надана характеристика отримання титану та технологічне обладнання для реалізації процесу. Розглянуто існуючий рівень автоматизації, вказані його недоліки та сформульовано завдання на проектування системи автоматичного регулювання. Розроблено схему матеріальних та інформаційних потоків, функціональну схему автоматизації печі для відновлювання титану, вибрані технічні засоби автоматизації. Розроблені принципові електричні, монтажна комутаційна схеми, схема зовнішніх з'єднань, спроектований щит КПіА. Виконана проектна оцінка надійності САР. У розділі охорони праці та техногенної безпеки проведений аналіз небезпечних на шкідливих факторів на території цеху холодного прокату. В економічній і організаційній частині проведений розрахунок необхідної кількості робочого і обслуговуючого персоналу. Виконано розрахунок економічного ефекту від впровадження системи автоматизації.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, восьми розділів, висновків, переліку джерел посилання з 26 найменувань, викладена на 81 сторінках машинописного тексту, включаючи 11 рисунків, 7 таблиць та додаток на 2 аркушах.

Ключові слова: титан, відновлювання, магній, регулювання, контролер, проєкт, система автоматизації

ЗМІСТ

Вступ……...8
1 Вивчення особливостей функціонування технологічних агрегатів.
Аналіз існуючого рівня автоматизації……...…9
1.1 Технологічний процес отримання титану……..…9
1.2 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи…….14
1.3 Технологічний процес як об’єкт автоматизації……...21
1.4 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві……...26
1.5 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків……..28
1.6 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах підприємств
України та зарубіжжя…….....29
1.7Недоліки існуючої системи управління…….……33
2 Розробка технічного завдання……..…..…….34
1.2 Вимоги до системи в цілому…….….34
2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи……..….34
2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи і
режиму її роботи……..…….34
2.1.3 Вимоги до надійності……..……35
2.1.4 Вимоги до безпеки…….….36
2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування,
ремонту та збереженню компонентів системи…….37
2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу…….....37
2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях……...38
2.1.8 Вимоги до захисту від зовнішніх впливів……....38
2.1.9 Вимоги до стандартизації та уніфікації ……..…….39
2.2 Вимоги до видів забезпечення……..…...39
2.2.1 Вимоги до інформаційного забезпечення……..……..39
2.2.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення…….…39
2.2.3 Вимоги до програмного забезпечення…….……40

2.2.4 Вимоги до технічного забезпечення……..……..40
2.2.5 Вимоги до метрологічного забезпечення……..……..41
2.2.6 Вимоги до організаційного забезпечення……...…….41
3 Проектування системи автоматизації…….....43
3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА……...…….43
3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному
Параметру…….44
3.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА…….....44
3.3.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади…….44
3.3.2 Промислові контролери…….51
4 Розробка технічної документації……53
4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління
піччю відновлення……..53
4.2 Принципова електрична схема регулювання температури у
робочій зоні печі відновлення……...54
4.3 Принципова електрична схема живлення системи
автоматичного регулювання температури у робочому просторі
печі відновлення……..……...55
4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА…….….56
4.5 Зовнішний вигляд щита та вигляд на внутрішній панелі……56
4.6 Схема зовнішніх з’єднань……....56
4.7 Схема трас і проводок……..57
5 Розрахунок надійності системи автоматизації……58
6 Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів системи
Автоматизації…….62
7 Організаційне забезпечення системи автоматизації та розрахунок
економічної ефективності……...63
7.1 Кадрова політика……63
7.2 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ…….....65
7.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ……...67

7.4 Показники економічної ефективності……....68
8 Охорона праці та техногенна безпека……...70
8.1 Основні шкідливі речовини та небезпеки на ділянці виробництва……70
8.2 Заходи з поліпшення умов праці……71
8.3 Електробезпека……72
8.4 Пожежовибухобезпека……73
8.5 Засоби індивідуального захисту……74
Висновок……76
Використані джерела інформації……..77
Додатки……80

ВСТУП

Система управління призначена для автоматизації управління технологічними процесами виробництва губчатого титану.

Метою розробки є забезпечення заданого рівня виробництва і якості титанової губки та зниження експлуатаційних витрат за рахунок оптимального управління технологічним процесом, а саме:

- забезпечення безпеки функціонування об’єкта;
- оптимізація режимів роботи технологічного устаткування, що дозволяє мінімізувати енерговитрати – зниження заявлених потужностей;
- збільшення надійності за рахунок своєчасної ліквідації аварійних та перед аварійних ситуацій;
- зменшення простоїв устаткування за рахунок використання розширеної діагностики відмов;
- застосування без паперової технології протоколювання процесів.

1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1Технологічний процес отримання титану

В основі технології виробництва титану лежить процес Кроля – отримання титану магнієтермічним відновленням тетрахлориду титану з наступною вакуумної дистиляцією. Частина титану губчастого використовується в якості сировини для виробництва злитків і слябів з титану та титанових сплавів, решта титану губчастого реалізується споживачам в якості товарної продукції.

Технологічна схема виробництва титану включає наступні основні переділи (рис. 1.1):

- отримання титанового шлаку методом плавки ільменітового концентрату в руднотермічних печах;
- отримання титановмісної шихти;
- отримання технічного тетрахлориду титану;
- ректифікаційна очистка технічного тетрахлориду титану;
- отримання магнію-відновника методом електроліза хлористого магнію;
- відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм з отриманням реакційної маси;
- вакуумна сепарація реакційної маси;
- переробка блоків титану губчастого;
- виплавка титанових злитків і слябів.

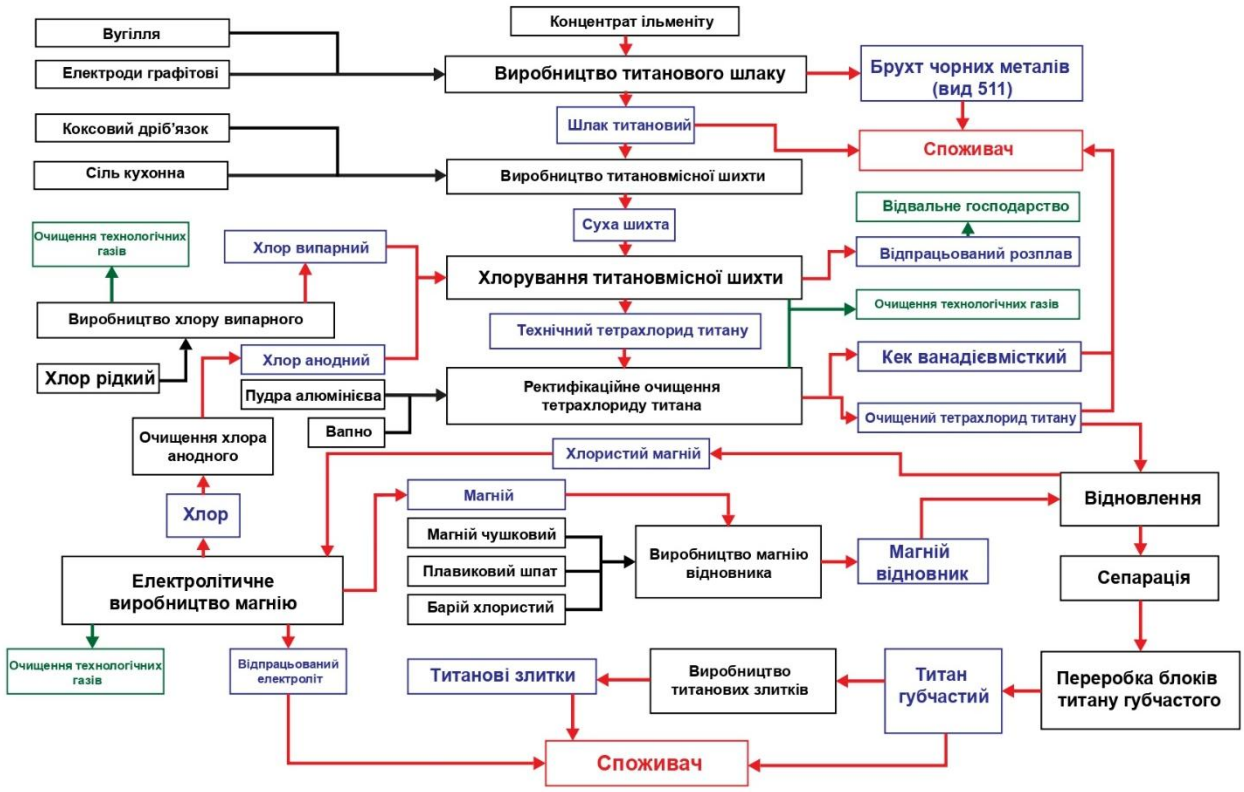


Рисунок 1.1 – Технологічний процес отримання титану [1]

Отримання титанового шлаку методом плавки ільменітового концентрату в руднотермічних печах

Виробництво титанового шлаку складається з відновлюванної руднотермічної електроплавці ільменітового концентрату з вмістом TiO2 не менше 63% спільно з вуглецевих відновником – вугіллям, коксом або антрацитом. Процес плавки ільменітового концентрату і вуглецевого відновника, попередньо подрібненого до розміру шматків не більше 10 мм, проводять в руднотермічних печах при температурі 1650°С – 1800°С. Отриманий шлак зливають і після охолодження направляють на підготовку титановмісної шихти. Утворений в результаті плавки метал (чавун з підвищеним вмістом титану) вивозиться на склад для реалізації споживачеві. Газові випаровування з руднотермічних печей направляються на газоочистку.

Отримання титановмісної шихти

Титановмісну шихту отримують методом змішування меленого титанового шлаку, вуглецевого відновника та хлористого натрію. Перед змішуванням титановий шлак і вуглецевий відновник дроблять та мелють. Підготовлена титановмісна шихта передається на ділянку хлорування для виробництва тетрахлориду титану.

Отримання технічного тетрахлориду титану

Тетрахлорид титану технічний утворюється при хлоруванні титановмісної шихти в розплаві солей в сольовому хлораторі та конденсації, що виходить з хлоратора парогазової суміші в системі апаратів конденсації. Процес хлорування титановмісної шихти ведеться в сольовому хлоратори. Газові випаровування з сольового хлоратора направляються на газоочистку.

Сольовий хлоратор – апарат безперервної дії. На поверхню сольового розплаву шнеком з витратного бункера безперервно завантажується титановмісна шихта. Через бічні фурми хлоратора, розташовані в нижній його частині, в розплав подається хлор-газ. З хлоратора виводяться два матеріали – парогазова суміш продуктів хлорування та відпрацьований розплав. Відпрацьований розплав виводиться з хлоратора періодично та частково, а після охолодження вивозиться на відвальне господарство підприємства. Парогазова суміш виводиться з хлоратора безперервно та надходить в систему апаратів очищення та конденсації технічного тетрахлориду титану. Апарати очищення парогазової суміші: камера пилова, зрошувальний скруббер. Апарати конденсації технічного тетрахлориду титану: два послідовно встановлених зрошувальних конденсатора, де в процесі охолодження відбувається конденсація технічного тетрахлориду титану. Отриманий технічний тетрахлорид титану, після відстоювання, направляється на ділянку ректифікації для очищення.

Ректифікаційне очищення технічного тетрахлориду титану

Технічний тетрахлорид титану підлягає очищенню від ванадію, а також від низько- та висококиплячих домішок. Очищення від ванадію проводиться

нижчими хлоридами титану в кубі колони першої дистиляції. Процес ректифікації включає в себе очищення тетрахлориду титану від низкокиплячих домішок – перша ректифікація, та від висококиплячих домішок – друга ректифікація. Процес ведеться в колонах ректифікації при температурі 120°С–142°С. В процесі ректифікаційного очищення тетрахлориду титану в кубах-випарниках збираються кубові залишки, які періодично виводяться з кубів, випаровуються в електричній печі випарювання пульп і обробляються негашеним вапном. В результаті утворюється кек, який містить ванадій, що реалізуються споживачу. Газові випаровування ректифікаційного очищення направляються на газоочистку.

Отримання магнію електролізом хлористого магнію

Магній одержують методом електролітичного розкладання розплаву хлористого (діхлорида) магнію в бездіафрагмених електролізерах. В електролізерах робочим розплавом є хлористий магній, плавікошпатовий концентрат та кухонна сіль. В результаті процесу електролізу утворюється металевий магній, який після додаткового очищення направляється на відновлення титану, хлор-газ – направляється в сольовий хлоратор, а відходи: шлам і шламоелектролітна суміш – вивозяться на відвальне господарство підприємства або реалізуються споживачу. Газові випаровування з бездіафрагменних електролізерів направляються на газоочистку.

Відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм з отриманням реакційної маси.

Відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм проводиться в апаратах відновлення. У підготовлений апарат відновлення заливається рідкий магній. Апарат з магнієм встановлюється в піч відновлення, в апарат подається тетрахлорид титану. В процесі взаємодії тетрахлориду титану з магнієм утворюється діхлорид магнію, який періодично зливається в ківш і направляється на електроліз для отримання магнію та реакційна маса, що складається з титану губчастого та залишкового магнію та діхлориду магнію.

Після закінчення процесу відновлення апарат з реакційною масою відправляється на переділ сепарації

Вакуумна сепарація реакційної маси

Процес вакуумної сепарації реакційною маси здійснюється наступним чином. Апарат сепарації з реакційною масою встановлюють в піч сепарації. У період розігріву апарату сепарації проводиться витримка при температурі 850°С. У міру розігріву апарату з реакційною масою в середовищі вакууму починається сублімація парів магнію і діхлориду магнію. Високотемпературна витримка при температурах 980°С – 1020°С починається після завершення періоду розігріву апарату. Пари магнію і діхлориду магнію конденсуються в зворотній реторті та використовуються, в подальшому, в наступному процесі відновлення. Час процесу визначається сортом реакційної маси та залишковим тиском в апараті. Після закінчення процесу сепарації відключаються нагрівачі печі, в апарат подається аргон. Апарат охолоджується спочатку в печі, а потім в холодильнику. Після охолодження апарат сепарації демонтують, а реторту з блоком титану губчастого направляють на переробку.

Переробка блоків титану губчастого

Переробка блоків титану губчастого полягає у виконанні наступних основних операцій:

- підрізання гарнісажу і вибивка блоку з реторти, з визначенням його якості;

- поділ блоку на складові частини – крицю і гарнісаж;

- очищення реторти від залишків титану губчастого;

- очищення криці від поверхневих забруднень з виділенням низькоякісних складових частин: низовий обруб, бічний обруб;

- визначення категорії якості криці і гарнісажу та поділ за категоріями для їх подальшої роздільної переробки;

- дроблення криці та гарнісажу на пресі та в дробарках;

- розсівання дробленого титану губчастого з виділенням товарних фракцій;

- сортування товарних фракцій титану губчастого з вилученням шматків з дефектами;

- відбір проб, упаковка в підготовлену тару (контейнери, бочки), зважування, маркування, пломбування.

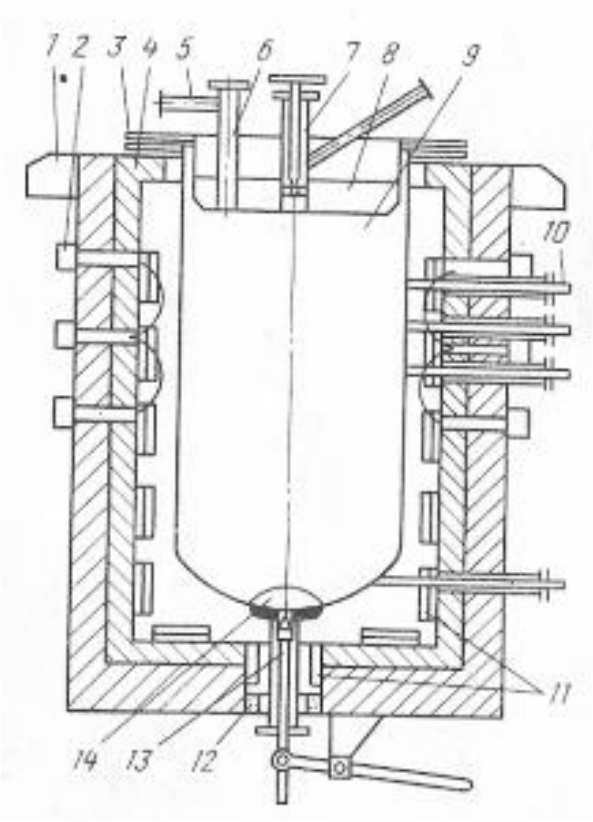
Упакований титан губчастий комплектується в товарні партії відповідно до контрактів і відправляється споживачеві.

Виплавка титанових злитків і слябів

Частина виробленого титану губчастого використовується в якості сировини для виробництва злитків і слябів з технічно чистого титану і титанових сплавів. Титан губчастий попередньо брикетується, після чого брикети направляються на плавильну ділянку, де вони переплавляються в злитки або сляби на установці електронно-променевого переплаву. Надалі злитки і сляби направляються на механічну обробку (розпилювання, обточування, зняття фасок), піддаються контролю якості за хімічним складом, внутрішніми і зовнішніми дефектами. Готові злитки і сляби маркуються, упаковуються і відправляються споживачеві.

1.2Технологічний агрегат і алгоритм його роботи

Апарат відновлення (реактор) є основним технологічним обладнанням переділу. Він конструктивно тісно пов'язаний з подальшим переділом - вакуумною сепарацією, оскільки в магнієтермічному процесі почергово виконує роль реактора (в процесі відновлення), муфеля і конденсатора (в процесі вакуумної сепарації). На рис. 1.2 схематично зображено пристрій апарату відновлення.



1 - опора печі; 2 - колектори подачі і відведення повітря; 3 - водоохолоджувальне фланцеве з'єднання; 4 - футеровка печі; 5 - штуцер вакуумування і подачі аргону; 6 - вузол заливки магнію; 7 - вузол подачі $TiCl_4$; 8 - кришка реактора; 9 - реторта; 10 - контактні термометри; 11 - нагрівачі; 12 – пісочний затвор; 13 - шток зливного пристрою; 14 - хибне днище

Рисунок 1.2 - Схема апарата відновлення, поміщеного в піч

Реактор - це циліндрична сталева реторта з фланцем і сферичним днищем. В такому виконанні конструкція стійка, технологічна у виготовленні, зручна в експлуатації. Легована сталь, з якої зазвичай виготовляють реторти, необхідна головним чином для зменшення окислення зовнішніх стінок реактора, які тривалий час контактують з повітрям при високих температурах. Крім того, дещо знижується небезпека забруднення титану залізом. Застосування хромонікелевих сталей забезпечує отримання високоякісного металу і досить тривалу службу реактора.

Для надійної тривалої роботи і отримання високоякісного губчастого титану матеріал реактора повинен володіти комплексом властивостей, що випливають із специфіки умов експлуатації. Основні вимоги до матеріалу такі:

- тривала корозійна стійкість в розплавах і парах магнію і хлориду магнію, хлоридів титану різної валентності;

- жаростійкість в повітряному середовищі;

- відсутність схильності до спікання з титаном, до утворення евтектичних сплавів і з'єднань з титаном при 1000 °С і більше;

- високий межа тривалої міцності при 1000 °С і, відповідно, мала швидкість повзучості, стійкість в умовах циклічності механічних і термічних навантажень;

- висока теппопроводность в інтервалі 20-1000 °С;

- вакуумна щільність.

Матеріал реактора повинен володіти гарною зварюваністю, зварні шви - стійкістю в зазначених умовах.

Завантаження, власна маса реторти і надлишковий тиск викликають розтягують кільцеві і меридіональні напруги в циліндричній оболонці. Зазначені вище градієнти температури викликають значні термічні напруги. Гарячі шари і зони з температурою, що перевищує середню, піддаються напруженням стиснення, а більш холодні - напруженням розтягу. Додавання робочих кільцевих і меридіональних напружень з термічними дає пік розтягуючих напружень на зовнішній поверхні оболонки, а циклічні теплові удари призводять до знакозмінних пластичних деформацій, оскільки залишкові напруги перевищують межу текучості матеріалу. Такі умови виникають в періоди подачі охолоджуючого повітря, коли температурний перепад по товщині стінки досягає 70 °С (зовнішня температура 850 °С).

Опора (підвіска) розігрітого реактора на водоохолоджувальний фланець в печах і при транспортуванні викликає згинальний момент, який передається на нагрітий пояс оболонки. Виникаючі при цьому деформації залежать від

градієнта температури, який знаходиться в прямій залежності від товщини оболонки. Отже, збільшення товщини стінок в даному випадку погіршує накопичення деформацій і не призводить до істотного збільшення довговічності реторти.

Реактор може бути виконаний з двох самостійних деталей - реторти і склянки, який в неї вставляється на час процесу і витягується разом з продуктами реакції після охолодження. Таке ускладнення конструкції реактора не виправдане, хоча в зарубіжній практиці подібні апарати зустрічаються.

Показники експлуатації реактора в значній мірі залежать від співвідношення його висоти до діаметра. При малій величині цього співвідношення дещо зменшується коефіцієнт використання об'єму реактора, при великій - ускладнюється операція витягання спеченого блоку титанової губки із реактора після проведення процесу.

З аналізу розглянутого вище механізму процесу відновлення випливає, що зі збільшенням діаметра реактора і зменшенням його висоти процес прискорюється, тому що при цьому розширюється центральна зона інтенсивної реакції і поліпшуються умови транспортування магнію і хлориду магнію усередині реактора.

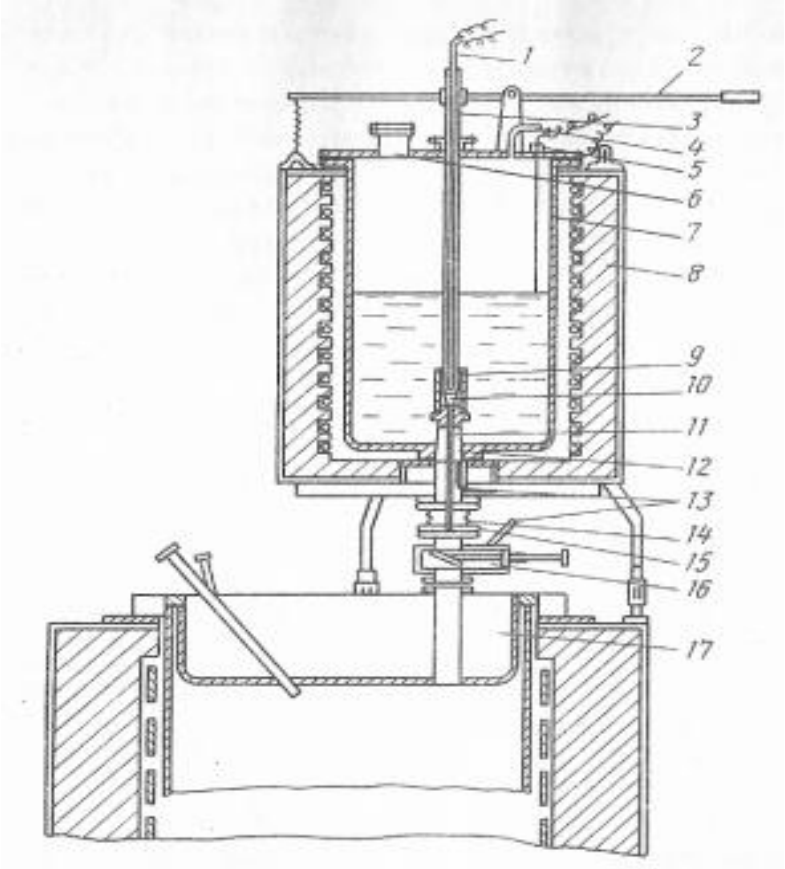
Крім того, зі зменшенням висоти реактора знижується витрата електроенергії в процесі відновлення, тому що нижні зони і зливний пристрій при цьому прогріваються за рахунок теплоти процесу. Більший діаметр реактора дає можливість відводити більшу кількість тепла через кришку, що більш доцільно, ніж відвід тепла через стінки реактора, так як найбільша кількість тепла виділяється в центральній частині реактора на поверхні реакційної маси.

Кришка служить в основному для герметизації реактора. Крім того, вона покликана виконувати роль теплового екрана при нагріванні реактора і тепловідводної елемента при протіканні реакції. Герметизація з'єднання кришки з реактором здійснюється за допомогою гумової прокладки,

затиснутою між водоохолоджувальними фланцями кришки і реактора. У реакторі небажано мати зони з низькою температурою, а при наявності водоохолоджуючих фланців вони неминучі. Існує кілька конструкцій кришок відновлювальних реакторів; призначення їх - усунути або знизити вплив холодних зон. Монтаж і демонтаж кришки на болтових з'єднаннях нескладний. Однією з переваг конструкції увігнутою кришки є те, що через неї можна відводити з реактора значна кількість тепла, а це дозволяє істотно прискорити ведення процесу. Крім того, кришка розміщується в реакторі в тому ж місці, де повинні бути розташовані екрани в період сепарації. Така конструкція кришки знайшла широке застосування в промисловій апаратурі для проведення металлотермічних реакцій.

Вузол завантаження магнію. Магній може бути завантажений в реактор в рідкому або твердому вигляді. В останньому випадку він завантажується в холодну реторту у вигляді чушок з ретельно очищеної поверхнею. Рідкий магній завантажують в реактор тоді, коли він знаходиться в печі і розігрітий. Існують різні технологічні прийоми завантаження рідкого магнію.

Найбільш простий - заливання з тигля з нижнім зливом. На рис. 1.3 показаний один з можливих варіантів приєднання тигля з рідким магнієм до реактора в період заливки. Така конструкція надійно охороняє магній від контакту з повітрям в період завантаження.



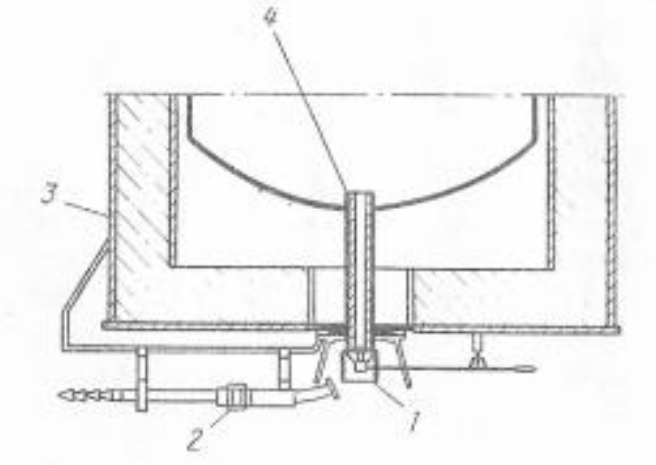
1 - термопара; 2 - управління штоком; 3 - шток; 4 і 13 - штуцери подачі аргону; 5 - контактний рівнемір; 6 - патрубок завантаження магнію; 7 - тигель; 8 - футеровка; 9 - стакан; 10 - запірна голка; 11 - зливна труба; 12- теплоізоляція; 14 - пружинний компенсатор; 15 - фланцеве з'єднання; 16 - засувка; 17 - кришка реактора

Рисунок 1.3 - Пристрій для завантаження розплавленого магнію в реактор

Вузол подачі тетрахлорида титану. Це вертикальна або похила труба, що розташовується зазвичай у центральній частині кришки реактора. Витрата тетрахлорида титану вимірюють по зміні рівня у видатковому баку, з якого подається в реактор, а також ротаметром або витратоміром.

Вузол зливу хлориду магнію. Конструктивне оформлення зливного пристосування залежить від особливостей конструкції реактора. Призначення пристосування - надійно перекрити отвір, через який хлорид магнію зливають з реактора. Зазвичай пристосування знімне, оскільки отвір в днищі реторти необхідно герметизувати перед проведенням вакуумної сепарації. Механічний запірний пристрій (див. рис. 1.4) складається із сталевого штока з кулястою головкою і конусного гнізда в днище реторти. Для запобігання попадання

титанової губки на замикаючі контактні поверхні над зливним пристроєм встановлюють помилкове дно. Після установки реактора в піч і заповнення його аргоном запірний шток з'єднують з вузлом управління зливом, наприклад з пневмоциліндром. Застосовують безштокові пристосування для зливу хлориду магнію, проте управляти таким пристроєм складно, обслуговування вимагає великих трудовитрат.



1 - важіль; 2 - пальник; 3- піч; 4 - зливна труба

Рисунок 1.4 - Безштоковий зливний пристрій

Піч підведення тепла в реактор необхідна тільки для підігріву магнію в разі, якщо він завантажений при температурі, недостатньо високою для початку процесу (750-850 °С), і для підігріву зливного пристосування. Прогрів якійсь із зон реактора в період проведення реакції потрібно тільки при ненормальному ході процесу або невдалої конструкції апарату. Проте пічь є невід'ємною частиною апарату відновлення і разом з ним відноситься до основного технологічного устаткування переділу.

Відвід тепла з реактора зазвичай здійснюється шляхом обдування його стінок повітрям через фурми в футеровці печі. Розташовані на одній висоті фурми під'єднані до одного з колекторів, приварених до кожуха печі. Через ці колектори повітря нагнітається в піч або відводиться з неї. Тепло відводиться на горизонтальному рівні, в районі якого в даний момент процес протікає найбільш інтенсивно. Зону реакції визначають по температурі стінки реактора, яку вимірюють контактними термопарами.

Правильне розташування охолоджувальних пристроїв, точності вимірювання температури стінок реактора і герметичність пічного простору є важливими умовами управління процесом. Герметизація необхідна в місці зіткнення фланця реактора з кришкою печі і особливо в місці виходу з печі зливного приспособлення, в іншому випадку кришка апарату і зливний патрубок будуть омиватися холодним повітрям, у той час як в реакційну зону попрямує тільки частина охолоджуючого повітря.

Потужність нагрівачів повинна забезпечувати швидкий розігрів магнію перед початком процесу, а в разі необхідності і розігрів зливного пристосування або який-небудь із зон реактора.

Допоміжне обладнання. Для обслуговування апаратів відновлення необхідно різноманітне обладнання: ковші для завантаження розплавленого магнію, монтажні стенди з вакуумною системою, демонтажні стенди з витяжною вентиляцією, виставкові стенди, холодильники для охолодження реакційної маси до кімнатної температури (для реакторів суміщеного і напівсполучені типу не потрібні), бакимірники для тимчасового зберігання і поточного споживання тетрахлорида титану, витяжні установки для відсмоктування газів від печей при зливі хлориду магнію, ковші для зливу з реакторів і транспортування хлориду магнію в цех електролізу, вантажопідйомні механізми (мостові крани, кранбалки та ін.).

1.3 Технологічний процес як об’єкт автоматизації

Технологічний процес відновлення полягає в переривчастій або безперервній подачі $TiCl_4$ з постійною або змінною швидкістю на дзеркало розплавленого магнію. У відповідності з різними точками зору на механізм процесу запропоновані і здійснені різні види програм подачі $TiCl_4$. Основою одного виду програми служить спроба слідувати так званою абсолютною реакційною здатністю реактора (даного типу). Інші види програм засновані на прагненні стабілізувати тепловий режим реактора, а тому припускають подачу

$TiCl_4$ з однаковою швидкістю від початку до кінця процесу. Треті призначені для більш повного використання магнію - від 65 до 85%, для чого в другій стадії процесу - фільтраційному періоді подача знижується плавно або східчасто. Режим швидкості подачі тетрахлорида титану в процесі відновлення і коефіцієнт використання магнію істотно впливають на тривалість процесу сепарації.

В даний час в промисловості застосовують апарати продуктивністю 3-5 т і більше титану за цикл. Конструктивно апарати трохи різняться, але всі вони повинні складатися з одних і тих же основних частин і вузлів: печі, реактора (або реторти), вузла введення тетрахлорида титану, вузла введення магнію, вузла зливу хлориду магнію, приладів контролю і регулювання процесу.

Виробничий процес складається з окремих операцій, періодично повторюваних для кожного циклу. Закриту кришкою і перевірену на герметичність реторту встановлюють в розігріту піч, відкачують і заповнюють аргоном. До реторти під'єднують вузол живлення тетрахлорид титану і вузол управління зливом хлориду магнію. Після заливки магнію і розігрівання його до 800-850 °С в реторту подають тетрахлорид титану.

Після закінчення процесу відновлення реторту охолоджують, витягують з печі і передають на наступний переділ, де отриманий губчастий титан відокремлюють від залишків магнію і хлориду магнію методом вакуумної сепарації.

Взаємодія тетрахлорида титану з магнієм починається при 300 °С, але при цій температурі реакція протікає з невеликою швидкістю. Прийнятною для промислових умов є така швидкість початку процесу, яка розвивається при температурах вище 800°С. При таких температурах магній і утворюється хлорид магнію протягом всього процесу знаходяться в рідкому стані, в цьому випадку можливе розділення цих речовин і нормальне проведення процесу. Якщо магній залитий в реактор при температурі нижче 800 °С, то перед початком процесу відновлення необхідно вводити в реактор тепло. Протягом процесу на 1 кг одержуваного титану виділяється близько

687МДж тепла. Тепло треба відводити, інакше температура в реакторі буде швидко зростати. Для підвищення швидкості процесу бажано, щоб температура в зоні реакції була по можливості високою. У центральних зонах реактора можна допустити розвиток високих температур, але в тих місцях, де титан, магній і тетрахлорид контактують зі сталлю, збільшення температури вище певних меж неприпустимо. Якщо сталь знаходиться в контакті з магнієм і тетрахлорид титану при температурі вище 900 °С, одержуваний титан забруднюється залізом. Найнебезпечнішим є взаємодія сталі з титаном при високих температурах. Залізо з титаном утворює сплав з температурою плавлення 1085 °С (температура плавлення сплаву титану з нікелем ще нижче). Отже, якщо температура в якомусь місці сталевий стінки реактора підніметься вище 1085 °С, реактор в цьому місці проплавітся. В зв'язку з цим процес ведуть при строго певній температурі стінки реактора.

Реакція відновлення протікає зі зменшенням обсягу, так як тетрахлорид титану знаходиться в газоподібному стані, а продукти реакції - в твердому і рідкому. Отже, підвищення загального тиску має сприяти збільшенню швидкості процесу. При нормальному веденні процес протікає досить швидко і в тому випадку, якщо загальний тиск в реакторі нижче атмосферного. Однак з пониженням тиску починається інтенсивне випаровування магнію і хлоридів титану, які можуть конденсуватися в холодних зонах реактора, неминучих при існуючому конструктивному оформленні. Тиск вище атмосферного слід підтримувати і для того, щоб виключити підсосі повітря в реактор.

Для швидкості процесу велике значення має парціальний тиск тетрахлорида титану. Ця величина різна в різних зонах реактора; на поверхні розплаву тетрахлорид титану знаходиться у вигляді киплячих крапель, отже, найбільшу парціальний тиск його у поверхні розплаву біля тих місць, в яких в даний момент знаходяться каплі. З віддаленням від поверхні розплаву парціальний тиск тетрахлорида титану зменшується внаслідок протікання процесу відновлення.

У міру накопичення продуктів реакції загальний тиск в реакторі зростає за рахунок збільшення парціального тиску аргону, тому аргон і, мабуть, що виділяється з магнію водень періодично необхідно випускати з реактора. Після цього загальний тиск зростає до 103-118 Па, але вже в основному в результаті збільшення парціального тиску тетрахлорида титану, що сприяє прискоренню процесу.

У зв'язку з тим, що реакція $TiCl_4$ з магнієм протікає східчасто, дифузійні процеси відіграють велику роль в її завершенні і отриманні кінцевого продукту. Проведення процесу у великій ванні розплаву, в якій встигають довосстанавліваться нижчі хлориди титану, сприяє протіканню реакції до кінця, металевий титан виходить з майже стехиометрическим виходом. Звідси випливають переваги періодичного способу, реалізованого на практиці.

Механізм формування блоку реакційної маси в промисловому реакторі можна представити таким чином (рис. 1.5).

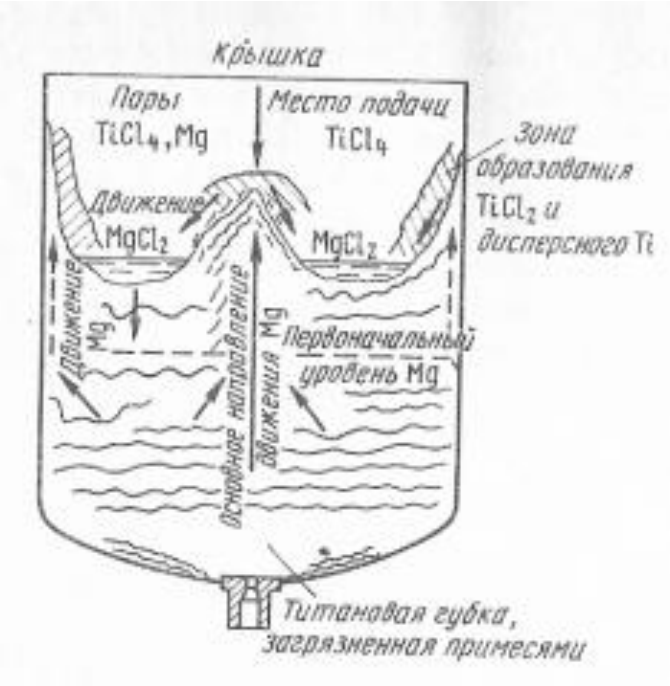


Рисунок 1.5 - Схема процеса відновлення в промисловому реакторі

У перший період титанова губка утворюється в основному на поверхні розплаву і опускається на дно разом з хлоридом магнію. Утворюючись на поверхні, губка "вбирає" в себе і магній, і хлорид магнію, конденсується внаслідок інтенсивного відводу тепла губкою в розплав. Тепло конденсації

витрачається на випаровування магнію. Внаслідок нестачі відновника, який може виникнути починаючи з певного періоду процесу, губка "вбирає" і дихлорид титану, що розчиняється в хлориде магнію. Дихлорид титану може утворюватися в результаті вторинної реакції тетрахлорида титану з уже наявними в реакторі титаном. Потрапляючи під верхні шари реакційної маси, губка зустрічає потік магнію, спрямований в зону реакції. Магній відновлює дихлорид титану і витісняє хлорид магнію з дрібних пір губки. Це підтверджується співвідношенням кількості магнію і хлориду магнію: у верхній зоні воно становить 2:1, у середній 4:1, у нижній 10:1. Таким шляхом формується дрібнопориста губка. Незважаючи на наявність дрібних пір, реакційна маса із середньої зони сепарується швидше, ніж з верхньої зони. Дрібні пори в середній зоні заповнені в основному магнієм, а у верхній зоні - хлоридом магнію. У міру ущільнення губки в результаті вторинної реакції доступ магнію в зону реакції утруднюється, і процес поступово сповільнюється, переходячи в другу стадію. Крім того, на затухання впливає ще й та обставина, що до кінця процесу майже весь магній знаходиться в порах губки і утримується в них силами змочування.

Блок губки займає майже все перетину реактора. У центрі - це монолітна маса, у стінок - більш рихла, шарувата. Це означає, що процес протікає не тільки в центрі, а по всьому перетину. ериферійні зони блоку формуються за тією ж схемою, що і центральні, тільки магнію сюди надходить зазвичай менше. У цих зонах розташовані основні русла, по яких стікає хлорид магнію. Під час проведення деяких зливів структура блоку порушується (губка осідає, порушується "міст" у другій стадії процесу та ін.). Внаслідок цього на периферії утворюються також русла, по яких магній інтенсивно надходить до поверхні губки. Таке положення підтверджується різким підйомом температури в окремих місцях периферійної зони в другій стадії процесу.

Розглянутий процес є напівбезперервним, точніше - періодично безперервним, циклічним. Про його життєздатності свідчать наступні позитивні фактори:

- порівняльний простота конструктивного оформлення;
- можливість попереднього рафінування магнію до початку процесу в тому ж реакторі;
- можливість відділення основної кількості хлориду магнію перед подальшим процесом - вакуумної сепарацией;
- хороше поєднання процесів відновлення і вакуумної сепарації, здійснюваних в одній реторті.

1.4 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві

Комплекс програмно-технічних засобів, запропонованих для реалізації системи, являє собою багаторівневу архітектуру, що складається з засобів КВП, датчиків і програмованих контролерів, що мають вихід на локальну мережу Ethernet. Далі можливе підключення до диспетчерських систем більш високого рівня, що дозволяє об'єднувати локальні системи контролю та управління в більші. Для виключення впливу обмінів по мережі підприємства на роботу АСУТП, зв'язок в системі виконана у вигляді окремої локальної мережі. Також, у разі пошкодження основного каналу зв'язку Ethernet, передбачений резервний канал зв'язку по інтерфейсу RS-485.

Рівень операторського управління реалізується на базі серійних комп'ютерів фірми Hewlett-Packard.

Система функціонально і конструктивно займає три рівні:

- рівень освіти інформації;
- рівень локального контролю і управління процесом;
- рівень оператора.

Відповідно до цього структура інформаційних потоків в системі ділиться на дві основні частини - середньорівневі і міжрівневі інформаційні потоки.

Середньорівневі інформаційні потоки представлені інформацією, що надходить в програмовані логічні контролери від засобів вимірювань-ня величин тиску, температури, дискретних датчиків. Робота з інформацією на цьому рівні здійснюється засобами програмування контролера минулого покоління.

Далі інформація від ПЛК по мережі Ethernet передається в робочі станції, які виконують функції серверів збору даних. Цей потік інформації є міжрівневий і підрозділяється на інформаційну, передаварійну і аварійну складові.

До інформаційної складової відносяться поточні параметри технологічного процесу, які знаходяться в межах норми. До передаварійній складової відноситься та інформація, яка свідчить про небезпечні тенденції в технологічному процесі: неприпустимі відхилення, наближення величин контрольованих параметрів до величинам граничних уставок. Аварійна складова фіксує перехід за межі передаварійній зони.

Надходження звичайної технологічної інформації відображається на мнемосхемах відповідних технологічних об'єктів управління і не вимагає квітірованія. Отримання інформації предаварийного або аварійного характеру фіксується в журналі тривог і супроводжується спеціальними ефектами (звукові сигнали, мерехтіння, зміна кольору), при необхідності може виводитися на подієвий принтер і вимагає обов'язкового квітірованія.

Контролерну обладнання перших черг відновлення і сепарації розміщується в центральному диспетчерському пункті. Шафи автоматики других черг, розташовані у віддалених технічних приміщеннях, оснащені системами клімат-контролю. Контролери і супроводжуючі їх пристрої монтуються в герметичні монтажні шафи компанії RITTAL. Ступінь захисту контролерних обладнання - IP65. Ступінь захисту клемної коробки - IP54.

Обладнання, що поставляється відрізняється високою надійністю, здатністю роботи в дуже жорстких умовах експлуатації.

1.5 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків

Схема інформаційних потоків складається для того, щоб визначити всі сигнали системи управління та систематизації інформації про технологічний процес і агрегат, на основі розглянутих алгоритмів автоматичного регулювання технологічних параметрів.

Потоки інформаційних сигналів:

I1 – інформація про затрату TiCl4;

I2 – інформація про температуру в реакторі;

I3 – інформація про температуру в конденсаторі;

I4 – інформація про температуру за конденсатором;

I5 – інформація про температуру у вакуумній системі;

I6 – інформація про температуру в 1-й зоні;

I7 – інформація про температуру в 2-й зоні;

I8 – інформація про температуру в 3-й зоні;

I9 – інформація про температуру в 4-й зоні;

I10 – інформація про температуру зовнішніх стінок;

I11 – інформація про тиск в реакторі.

Потоки управляючих сигналів:

U1 – керуючий вплив для регулювання подачи аргону;

U2 – керуючий вплив для регулювання подачи TiCl4;

U3 – керуючий вплив для регулювання ператури в 1-й зоні;

U4 – керуючий вплив для регулювання ператури в 2-й зоні;

U5 – керуючий вплив для регулювання ператури в 3-й зоні;

U6 – керуючий вплив для регулювання ператури в 4-й зоні.

Схему інформаційних та матеріальних потоків наведено рис. 1.6.

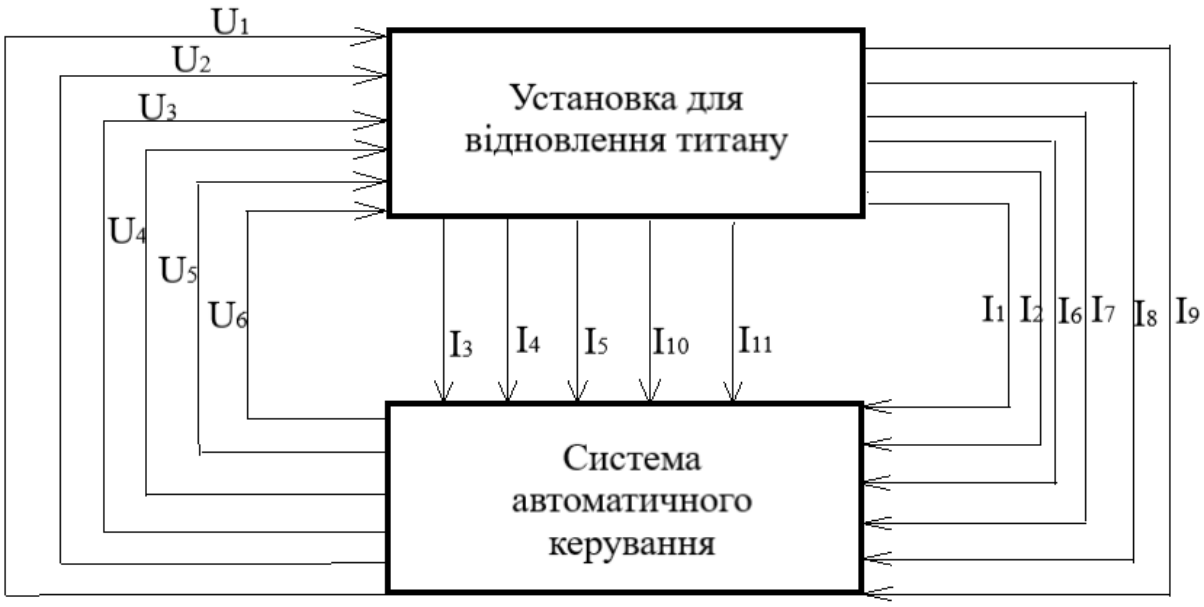


Рисунок 1.6 – Схема матеріальних та інформаційних потоків

1.6 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах підприємств України та зарубіжжя

На фоні відновлення світового ринку титану багато компаній планують збільшення виробництва і титанової губки, і титанових сплавів. Основний потік нових інвестицій сконцентрований в Китаї. Нарощування потужностей з випуску губчастого титану також планується в Японії, США та Західної Австралії. Але Китай залишиться головним імпортером на світовому ринку титану, а також найбільшим його виробником. За 2022 рік року виробництво титану в Китаї збільшилася на 40,1% в порівнянні з аналогічним періодом 2021 р, або до 135900 тонн. Обсяг виробництва та техногічні процеси фірм приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Виробництво губчастого титану в світі (дані за 2010-2016 р.р.), тис.тон

Місце	Країна	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Китай	57,8	60	80	105	110	62	60
2	Японія	31,6	56	40	42	25	42	54
3	Казахстан	14,5	20,7	25	12	9	9	9
4	Україна	7,4	9	10	6,3	7,2	7,7	7,5
5	Індія						0,5	0,5

Магнієтермічне відновлення губчастого титану ведеться в апаратах, поміщених в електропечі шахтного типу з 4 зонами ніхромових нагрівачів.

В процесі відновлення контроль, управління, реєстрація, сигналізація параметрів здійснюється автоматизованою системою управління.

Система управління процесу відновлення є ієрархічною 2-х рівневу розподілену систему управління окремими апаратами відновлення, що включає в себе мікропроцесорні контролери минулого покоління і автоматизоване робоче місце оператора-технолога (АРМ).

На нижньому рівні система управління відділення відновлення вирішуються завдання:

- автоматичне програмне керування швидкістю подачі $TiCl_4$ на процес;
- автоматичне програмне керування температурним режимом процесу;
- автоматичне програмне керування режимом тиску в апараті;
- автоматичний контроль зливів $MgCl_2$ з апарату.

На нижньому рівні для кожної печі відновлення встановлені контролери, які по локальній мережі з'єднані з автоматизованим робочим місцем

оператора-технолога (верхній рівень). Для автоматичного програмного керування швидкістю подачі $TiCl_4$ змонтовані:

- дозатори ДЖЗ;

- система автоматизованого групового дозування АГД-1А для управління дозаторами;

- мікропроцесорний контролер.

Дозатор ДЖЗ є поршневий дозатор, клас точності 1%, величина дози TiCl4 1 кг при t = 30 0С. Система АГД-1А управляє роботою дозатора і має 4 швидкості подачі: 100, 200, 300, 400 кг.

Контролер здійснює управління швидкістю подачі TiCl4.

Для автоматичного програмного керування температурою на процесі змонтовані:

- датчики температури - термощупів ХА 1, 2, 3, 4 зон печі;

- нормують перетворювачі для перетворення сигналу термопар в уніфікований сигнал;

- мікропроцесорний контролер для вироблення управляючих впливів;

- підсилювачі потужності для включення електричних контакторів, які подають навантаження на ніхромові нагрівачі печі або заслінки на повітроводах для охолодження апарату.

Для автоматичного управління режимом тиску змонтовані:

- датчик тиску «Сапфір»;

- мікропроцесорний контролер для вироблення управляючих впливів;

- виконавчий механізм на лінії аргону.

Для здійснення автоматичного контролю графіка зливів $MgCl_2$ змонтовані:

- датчик зливу хлориду магнію;

- мікропроцесорний контролер для обробки сигналу датчика і передачі його на верхній рівень;

- персональний комп'ютер IBM PC.

Контроль кількості сливаемого $MgCl_2$ в транспортувальний ківш здійснюється мірної лінійкою з точністю до 40 кг.

Контроль кількості Mg, що заливається в апарат відновлення, здійснюється важільними вагами з точністю до 50 кг.

На верхньому рівні система управління відновлення вирішуються завдання:

- відображаються мнемосхеми окремих апаратів і групи апаратів;

- динамизация елементів мнемосхеми для відображення відхилень і нормалізації технологічних параметрів температури зон, тиску в реакційному обсязі;

- відображення на мнемосхемі поточних параметрів температури і тиску, кількості пропущеного $TiCl_4$, кількість проведених зливів;

- відображення на мнемосхемі поточної стадії процесу і відповідні установки температури;

- реєстрація і документування на магнітний носій температури, тиску, траєкторії подачі $TiCl_4$, зливів, номера печі, процесу.

Технічні засоби системи управління верхнього рівня містять промисловий комп'ютер, що включає монітор, принтер, блок безперебійного живлення, клавіатуру.

Для побудови АРМ оператора-технолога на верхньому рівні використовується пакет SCADA системи VNS. За допомогою графічного редактора VNS побудовані мнемосхеми апаратів і групи апаратів відновлення. Елементи мнемосхем, що відображають критичні значення температури і тиску, динамізувати. Змінюється колір цифр параметрів, що вийшли з норми.

На тренді АРМ виведені найважливіші параметри: температура, тиск, траєкторія подачі $TiCl_4$, графік зливів MgCl2.ежедневно тренди копіюються на магнітні носії для збереження в архіві.

Реалізовано 3 типи текстових повідомлень: аварійні, технологічні та системні. Технологічні повідомлення відображають в хронологічному порядку всі технологічні операції: установка апаратів в піч, початок подачі

TiCl4, перемикання швидкостей за програмою, закінчення подачі TiCl4. Аварійні повідомлення відображають відхилення температури і тиску і час їх нормалізації. Системні повідомлення документують збої системи.

1.7 Недоліки існуючої системи управління

Комплексна автоматизація процесу відновлення досі є проблемою через періодичності процесу, недостатньої точності контролю матеріальних потоків, складності взаємозв'язків параметрів.

Одна з особливостей апаратів відновлення як об'єктів автоматизації - нестаціонарність їх температурного поля. Протягом процесу зона максимального виділення тепла (зона реакції) переміщається по висоті реторти.

Завданням автоматичного регулювання процесу відновлення є підтримання температури стінки реактора і тиску в заданих межах і витрати тетрахлориду титану відповідно до швидкості перебігу процесу. Однак у зв'язку з обмеженими можливостями системи примусового охолодження і з небезпекою надмірного ускладнення конструкції апарату, системи контролю і автоматизації це завдання поки вирішена приблизно.

Температура стінки реторти в заданих межах підтримується автоматично шляхом зміни напрямку потоку охолоджуючого повітря щодо окремих ділянок (поясів) реторти. На вхідному та вихідному повітропроводі встановлені поворотні заслінки, за допомогою яких повітряний поток направляється в зону найбільшої температури, тобто найбільш інтенсивного виділення тепла.

Через велику кількість одночасно працюючих реакторів в цеху параметри процесів в них регулюють за допомогою електронно-обчислювальних машин централізованого управління.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

На локальному рівні вимоги до системи наступні:

Збір інформації від датчиків :

- температура в реакторі;
- температура в конденсаторі;
- температура за конденсатором;
- температура у вакуумній системі;
- температура в 4-ох зонах печі температура зовнішніх стінок;
- температура води;
- регулювання тиску в ректорі.

Перетворення вимірюваних параметрів в уніфікований струмовий сигнал (0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА) або по напрузі (0-100 мВ).

Управління:

- управління температурою;
- управління тиском в апараті;
- управління дозатором $TiCl_4$.

Регулювання технологічних параметрів з ручною установкою завдання.

2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи і режиму її роботи

Користувачами системи управліня є оператор-технолог і технологічний персонал, безпосередньо ведучий технологічний процес.

Вимоги до кваліфікації операторів-технологів - знання технологічного процесу і технологічного обладнання.

Оператор-технолог здійснює оперативно-технологічне керівництво на ділянці по зміні. Організаційно підпорядковується майстру зміни.

2.1.3 Вимоги до надійності

Надійність системи визначається як здатність виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення експлуатаційних показників, встановлених в заданих межах при заданих умовах експлуатації.

Для системи управління «Титан» встановлюються наступні вимоги по надійності:

- напрацювання на відмову - не менше 100000 год для ПЛК і 15000 ч для ПК;

- середній час відновлення - 0,5 ч до 1 год;

- середній термін служби для ПЛК і ПК - не менше 10 років.

Проектну оцінку надійності на етапі технороботочого проекту провести аналітичними методами з урахуванням надійності технічних засобів системи і особливостей реалізованих алгоритмів і програм. Результати розрахунку показників надійності привести в пояснювальній записці до проекту.

Вимоги до надійності технічних засобів, що входять в систему управління - відповідно до документації на ці засоби.

Для створюваної системи використовуються такі поняття відмови:

- повна відмова - відмова одночасно всіх підсистем. Повна відмова підсистем настає при невиконанні даної підсистемою всіх функцій;

- відмова функції - виникає при заданих умовах експлуатації і нормально функціонує технологічному об'єкті управління втрата здатності виконувати цю функцію або порушення хоча б однієї з вимог, що пред'являються до якості виконання функцій.

Для забезпечення необхідної надійності функціонування системи повинні бути передбачені:

а) в системі програмного забезпечення:

1) комплекс штатних тестових програм діагностики для виявлення несправностей та подання обслуговуючому персоналу інформації про місце і характер несправності;

2) захист від випадкових збоїв;

3) захист від помилкових дій персоналу;

4) захист від несанкціонованого доступу;

б) у складі організаційного забезпечення:

1) наявність кваліфікованого ремонтного персоналу;

2) навчання робочого персоналу роботі з системою управління;

3) робочі інструкції, що визначають роботу персоналу, що включають правила дії персоналу в умовах відмови функцій;

4) регламент ремонтних робіт і обслуговування обладнання;

5) забезпечення заходів щодо обмеження несанкціонованого доступу до технічних засобів;

в) в складі технічного забезпечення:

1) наявність необхідного комплекту ЗІП і перевірочного устаткування.

2.1.4 Вимоги до безпеки

Обчислювальна техніка та периферійні пристрої належать до електроустановок напругою до 1000 В.

Всі зовнішні елементи технічних засобів системи управління, що знаходяться під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику, а самі технічні засоби повинні мати захисне заземлення.

Засоби обчислювальної техніки повинні мати окремий контур захисного заземлення, виконаний відповідно до ПУЕ та технічними умовами на ці кошти. Заземлення повинно бути виконано тільки для обчислювальних засобів, до нього не повинні підключатися електроприймачі іншого призначення.

Приміщення мікропроцесорної техніки повинні бути оснащені системами пожежної сигналізації.

Робота систем кондиціонування і вентиляції повинна блокуватися автоматичною пожежною сигналізацією.

Особи, які обслуговують ВТ і периферійні пристрої, повинні мати кваліфікаційну групу не менше III і повинні бути забезпечені необхідними

захисними засобами. У приміщенні ЦДП повинна бути детальна інструкція про заходи пожежної безпеки.

У приміщенні ЦДП забороняється застосовувати електронагрівальні прилади, килими і доріжки з синтетичних матеріалів.

Куріння дозволяється в спеціально відведених місцях.

2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та збереженню компонентів системи

У приміщенні ЦДП слід забезпечити такі кліматичні умови:

- температура навколишнього повітря - (20 +/- 5) °С;

- відносна вологість - (40-80)%;

- атмосферний тиск - від 84 кПа до 107 кПа (630-800 мм рт.ст.);

- вібрація підлоги в приміщеннях не повинна перевищувати 0,1 мм по амплітуді, до 25 Гц по частоті.

Навколишнє середовище не повинно містити парів, кислот, лугів, струмопровідного пилу.

Електроживлення технічних засобів повинно здійснюватися від мережі змінного струму напругою (220 В +/- 10%), частотою (50 +/- 1) Гц.

Експлуатація системи повинна здійснюватися відповідно до інструкцій, де повинні бути визначені порядок, види і періодичність обслуговування системи управління.

2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Має бути передбачений захист від несанкціонованого доступу до компонентів і даними системи з метою їх несанкціонованої зміни.

Об'єктами захисту є:

- засоби, за допомогою яких можуть бути змінені уставки попереджувальної та аварійної сигналізації і регуляторів;

- органи автоматизованого і ручного управління;

- засоби ручного введення даних в систему;

- програмні носії всіх типів.

Для захисту від несанкціонованого доступі передбачаються:

- організаційні рішення (обмеження доступу сторонніх осіб в приміщення, де розміщена система) ;

- фізичний захист (замки і пломби на виробах, спеціальні шафи-сейфи для зберігання програмних виробів);

- програмні методи (установка паролів доступу до інформації, розміщення програм і даних в захищених від запису областях пам'яті і т.д).

2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях

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

- захист від несанкціонованого доступу до оперативної і архівної інформації;

- запис оперативної інформації про стан технологічних процесів в циклі обробки оперативної інформації на жорсткий диск ПК;

- можливість запису архівної інформації і оперативно-звітних даних на зовнішні пристрої, що запам'ятовують.

2.1.8 Вимоги до захисту від зовнішніх впливів

Рівні радіоперешкод в місцях установки засобів автоматизації не повинні перевищувати значень, встановлених «загальносоюзних нормами допустимих індустріальних радіоперешкод» (норми 8-72). Загальні вимоги до обладнання - відповідно до вимог до електричних виробів, призначених для інформаційних зв'язків з іншими виробами згідно ДСТУ 3451-96 [2]. Вимоги до метрологічних характеристик обладнання - згідно ДСТУ ISO 10012:2005 [3].

Параметри зовнішніх впливів в приміщенні розташування обчислювальної техніки повинні задовольняти вимогам умов експлуатації виробів четвертої

категорії, параметри зовнішніх впливів в приміщеннях розташування засобів автоматизації - ДСТУ 3451-96.

Для засобів обчислювальної техніки передбачити автономний контур заземлення.

2.1.9 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Технічне забезпечення має проектуватися з використанням промислових приладів і засобів автоматизації ГСП. Нестандартизовані засоби автоматизації повинні мати вихідні сигнали, прийняті в ГСП.

Програмне забезпечення повинне будуватися на базі стандартного забезпечення обраних обчислювальних засобів, прикладне програмне забезпечення - за модульним принципом.

Уніфікація інформаційного забезпечення повинна забезпечуватися за рахунок єдиної системи кодування і єдиної структури масивів інформації.

2.2 Вимоги до видів забезпечення

2.2.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Інформаційне забезпечення повинно бути достатнім для виконання всіх функцій і включати в себе опису змінних, що характеризують стан технологічних процесів, масивів даних, відеокадрів і документів.

Форми вікон програми, склад інформації в кожному з них, форми документів, структура бази даних узгоджуються на етапі розробки інформаційного забезпечення.

Повинні бути передбачені заходи з контролю цілісності даних, відновлення даних у разі відмови технічних засобів.

2.2.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Лінгвістичне забезпечення має представляти собою сукупність мовних засобів, що застосовуються для:

- взаємодії користувачів із системою;
- ведення бази даних;
- програмування.

Розробка ПМО пульта операторі і АРМов повинна проводитися з використанням мов високого рівня. Розробка ПМО контролерів повинна проводитися з використанням мов, відповідних стандарту IEC-601131-3.

2.2.3 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення (ПЗ) повинно мати модульну структуру, що дозволяє виконати завантаження і перевірку системи по частинах, робити заміну частини програм без коригування залишилися.

Як ПЗ верхнього рівня застосувати стандартну SCADA-систему.

При необхідності додати модулі, написані на мовах високого рівня.

ПЗ нижнього рівня має відповідати IEC 61131.

ПЗ повинно включати засоби діагностики технічних засобів і контролю вхідної інформації на достовірність.

Повинні бути реалізовані заходи щодо захисту від помилок при введенні інформації з ПК і панелі оператора.

Відсутність окремих даних не повинно позначатися на виконанні функцій, реалізація яких не вимагає використання відсутніх даних.

Повинна бути забезпечена захист ПЗ і даних від несанкціонованого доступу.

Програмна документація повинна відповідати вимогам ЕСПД і містити відомості, необхідні персоналу для запуску і експлуатації системи.

2.2.4 Вимоги до технічного забезпечення

До технічного забезпечення системи пред'являються наступні вимоги:

- комплекс технічних засобів повинен будується на базі засобів автоматизації з терміном служби не менше 6 років і відповідати п. 4.4;

- комплекс технічних засобів повинен забезпечувати можливість швидкої заміни окремих модулів, нарощування каналів зв'язків з об'єктом і цілодобову роботу системи в реальному масштабі часу.

Технічні засоби АСУ по стійкості повинні відповідати:

- по стійкості до зовнішніх чинників - ДСТУ 3451-96 для промислових приладів і засобів автоматизації;

- за параметрами живлення - ДСТУ 3680-98 [4].

Повинні бути передбачені заходи щодо захисту від перешкод по ланцюгах харчування.

Обчислювальну техніку живити через джерела безперебійного живлення (ІБП).

2.2.5 Вимоги до метрологічного забезпечення

Всі вимірювальні канали повинні пройти метрологічну атестацію. Методика атестації вимірювальних каналів розробляється розробником і затверджується посадовими особами КП «ЗТМК».

Метрологічну атестацію вимірювальних каналів проводить метрологічна служба комбінату за участю розробника в робочих умовах функціонування системи. Результати метрологічної атестації оформляються протоколом.

2.2.6 Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення має бути достатнім для ефективного виконання персоналом покладених на нього обов'язків при функціонуванні системи.

Робоче місце оператора-технолога - АРМ, розташоване в ЦДП.

Обов'язки між операторами-технологами повинні бути розподілені з урахуванням:

- участь персоналу у виконанні функцій, що не підлягають автоматизації;

- допустимого рівня психофізіологічної і емоційного навантаження операторів, пов'язаних з виконанням покладених на кожного з них обов'язків і відповідальністю за підсумкові і проміжні результати роботи, а також необхідного рівня його активності в процесі роботи.

Організаційні вимоги щодо забезпечення працездатності програмно-технічного комплекс:

- бюро АСУПр цеху №14 із залученням підрядних організацій обслуговує обчислювальну техніку верхнього рівня, комп'ютерні мережі, ПЛК, супроводжує ПЗ.

- служби КВП цеху №7 обслуговує периферійне устаткування (датчики, перетворювачі, виконавчі механізми і т.д.), кабельні траси.

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА

Система управління є багатофункціональної, інформаційно - керуючої системою. Та має 3 рівні автоматизації процесу відновлення печі відновлення:

- нижній;
- середній;
- верхній.

Підсистема нижнього рівня має автономією, що дозволяє управляти об'єктом в разі виходу з ладу ПЕОМ АРМа оператора, що відноситься до середнього рівня. Нижній рівень управляє регулюванням технологічних параметрів, виконує логічні і обчислювальні операції, накопичує і передає інформацію на середній рівень управління.

Середній рівень системи здійснює прийом підготовленної на нижньому рівні інформації, видачу настановної інформації в підсистему нижнього рівня, оперативний контроль ходу виробництва, відображення мнемосхем роботи обладнання і засобів управління ним, формування історії технологічних процесів, формування і видачу звітної інформації, видачу сигналів про несправності устаткування, контрольно-вимірювальної апаратури, і самої системи. До них відносяться контролери (WAGO 750).

Для систем автоматизації прилади верхнього рівня складаються з автоматизованих робочих місць (АРМ) операторів з функціями серверів вводу/виводу (основний та резервний), АРМ моніторингу стану обладнання. Всі технічні засоби верхнього рівня об'єднані в локальну обчислювальну мережу Ethernet. Автоматичні робочі місця реалізовані на платформі Intel сумісних процесорів. Електроживлення обладнання здійснюється від джерел гарантованого електроживлення, які забезпечують тривалість безперебійної роботи обладнання не менше 1 години в разі зникнення напруги мережі живлення.

Також в системі передбачений резервний АРМ, що працює в режимі перегляду станів виконавчих механізмів, значень фізичних параметрів, графіків, даних про поточні процесах, програм печей, рапортів і баз даних закінчених процесів. При виході з ладу одного з робітників АРМов резервний АРМ може брати на себе функції управління одним з ділянок, при цьому функції резервного АРМа стають недоступними.

3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

Так як на функціональній схемі автоматизації можна побачити замкнутий контур управління (сигнал потрапляє з датчиків і доходить до виконавчого механізму без проміжних вимірювань), отже принцип управління буде по відхиленню. Більш високу якість управління дозволяють отримати замкнуті САУ, в яких використовується інформація про керуючий параметр. У таких системах вимірюється значення керуючого параметру. Пристрій управління виробляє порівнює отриманий сигнал із заданим значенням і за наявності різниці виробляє керуючий вплив, спрямований на зменшення отриманої величини неузгодженості заданого і виміряного значення параметрів. При цьому пристрій управління прагне компенсувати це відхилення незалежно від причин, які його викликають.

3.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА

3.3.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади

Термопари ТХА (рис. 3.1) - це термометри опору які застосовують для вимірювання температури різних промислових об'єктів, а також в різних контурах управління і автоматичного контролю на виробництвах. Головні переваги хромель-алюмелеві і хромель-копелеві термопар перед іншими видами термопреобразователей - невисока вартість, досить широкий діапазон

вимірюваних температур - від -2000С до + 13720С (межа вимірювань залежить від діаметра використовуваної термоелектродного дроту), а також надійна конструкція термопреобразователей.



Рисунок 3.1 - Термопара ХА

Показники термопреобразователей ТХА і ТХК набагато більш лінійні, ніж багато інших датчики, а їх нелінійність добре передбачувана і детально описана в спеціальній літературі. Крім того до числа достоїнств термопар ТХА і ТХК відносяться також мала інерційність, можливість вимірювання малих різниць температур. При виборі датчиків температури видів ТХА і ТХК слід врахувати що їх небажано використовувати в атмосфері з підвищеним вмістом сірки, так як вона впливає на обидва електроди. Існує більше п'ятдесяти модифікацій під різні виробничі потреби, опис різних типів перетворювачів температури ТХА і ТХК а також їх технічних характеристик наведено нижче.

Діапазон вимірюваних температур, ^{0}С: від -400С до + 12000С

Середній термін служби при номінальній температурі застосування, років: для термопар ТХА: 4 роки;

Хромель-алюмелеві термопара (ТХА): Робочий елемент виготовлений з хромелю і алюмелю - сплавів на основі нікелю. Хромель - сплав, що складається з наступних елементів: хром - 8,7-10%; нікель - 89-91%; кремній,

мідь, марганець, кобальт - домішки. Алюмель - сплав, що складається з наступних елементів: Ni (93-96%); Al (1,8-2,5%); Mn (1,8-2,2%); Si (0,8-1,2%).

Переваги термопари ТХА: широкий робочий діапазон температури (від -2000С до 11000С), висока (40 мкВ / град) чутливість, майже постійна вище 00С, низька теплопровідність і низька вартість. Стабільність і відтворюваність оцінюються як добрі до 5000С і задовільні - при більш високих температурах. Похибка вимірювання до 3000С - 0,10С, вище - 10С. До недоліків відноситься чутливість до деформацій, окислення вище 10000С, неможливість застосування в вуглецевих середовищах (коксування), при високих температру термопара ТХА стає крихкою.

Пульти DOP-H (рис. 3.2) оснащені аварійною кнопкою і є серією повністю готових до використання дротяних пультів оператора з широкоформатним сенсорним екраном і класом захисту IP55 для дистанційного або місцевого управління обладнанням і системами автоматизації.



Рисунок 3.2 - Універсальний виносний пульт управління DOP-H07E425

Для застосування в станочном обладнанні передбачено виконання пульта управління зі штурвалом (ручним генератором імпульсів), який

дозволяє точно позиціонувати робочий орган верстата, перебуваючи в його безпосередній близькості, і повністю контролювати процес переміщення.

Особливості:

- TFT сенсорний дисплей 7 "з роздільною здатністю 800x480 пікс., 65536 кольорів;
- вбудована кнопка аварійного стопа;
- трьохпозиційний перемикач режимів роботи (зі зворотного боку пристрою);
- в залежності від моделі має вбудований порт RS485 / RS422 або порт Ethernet;
- вбудований штурвал (опціонально, в залежності від моделі);
- 15 функціональних кнопок;
- вбудована пам'ять 128MB Flash (RAM: 64Мб / backup: 16Мб);
- вбудований USB (Client Ver 2.0);
- слот для SD карти;
- полегшений корпус, вага пристрою 750гр;
- вбудований кабель (довжина: 5 або 10 метрів);
- захист всього корпусу IP55.

DOP-H07E425 Універс. виносної пульт упр. з сенсорною панеллю, 7 "TFT дисплей (800x480 пікс.), 65536 кол., LED підсвічування, 128MB Flash, слот для SD карти, вбуд. Ethernet, USB, RTC, захист всього корпусу IP55,

змерітельние перетворювачі модульні ІПМ 0399 / М2 призначені для перетворення сигналів термоперетворювачів опору, перетворювачів термоелектричних і перетворювачів з уніфікованим вихідним сигналом в уніфіковані сигнали сили постійного струму 0 ... 5мА, 0 ... 20мА і 4 ... 20мА.

Вимірювальні перетворювачі модульні ІПМ 0399/М2 (рис.3.3) - є одноканальними, мікропроцесорними, з можливістю переконфігурації споживачем приладами;



Рисунок 3.3 - Вимірювальний перетворювач модульний ІПМ 0399/М2

Конфігурація здійснюється з кнопкової клавіатури, або за допомогою спеціальної програми по інтерфейсу RS 232С.

Прилад комплектується двома струмовими виходами 0 ... 5, 0 ... 20, 4 ... 20 мА з індивідуальною конфігурацією діапазону струмового виходу з кожного каналу. Виходи гальванічно розв'язаних один від одного, і від внутрішньої схеми приладу.

Мають два чотирирозрядних, червоних, світлодіодних індикатори, з висотою цифр 8мм.

Мають три програмовані уставки, а на лицьовій панелі розташовані три червоних світлодіода вказують на спрацьовування уставок.

Процедура введення і можливість зміни уставок захищена від несанкціонованого доступу паролем.

Автоматично зберігає встановлені параметри конфігурації при виключенні живлення.

Тип первинного перетворювача, діапазон перетворення, межі допустимої основної зведеної похибки.

Межі допустимих основних похибок струмового виходу для конфігурації з термометрами опору або вхідними сигналами у вигляді сили і напруги постійного струму, а також опору постійного струму визначаються за формулою ± (0,2К + 0,2)%, а для конфігурації з термоелектричними перетворювачами по формулі ± (0,5К + 0,2)%. Де К - відношення повного діапазону вимірюваного параметра до встановленого діапазону перетворення струмового виходу.

Живлення здійснюється від джерела постійного струму напругою 24В (-15 ... + 10%).

Потужність споживана від мережі змінного при номінальній напрузі, не більше 3ВА.

Час встановлення робочого режиму: не більше 30 хв.

Ізоляція електричних ланцюгів і корпусом витримує протягом 1 хв дію випробувальної напруги практично синусоїдальної форми частотою від 45 до 65 Гц.

Виконавчі твердотільні реле каналів сигналізації забезпечують комутацію постійного струму 80мА при напрузі 400В.

Кліматичні умови експлуатації:

- група виконань С3: -10 ... + 50 оС;
- ступінь захисту від пилу і вологи IP 30.

Габаритні розміри:

- довжина - 125 мм;
- ширина - 45 мм;
- висота - 75 мм.

БПИ 24-1/1блок живлення (рис. 3.4) призначені для перетворення змінної напруги мережевої частоти (~ 220 В) в стабілізовану напругу = 24 В. Блоки живлення використовуються для підключення перетворювачів (датчиків) з уніфікованим вихідним сигналом та іншої апаратури з відповідними вимогами до живлячої напруги. БП 24-1 / 1 застосовуються в

різних галузях промисловості і в енергетиці на ділянках, де необхідне застосування потужних блоків живлення.



Рисунок 3.4 - Блок живлення БПИ 24-1/1

Основні характеристики:

- вихідна напруга - = 24 В;
- схема електронного захисту від перевантажень і короткого замикання з автоматичним відновленням працездатності після усунення причин перевантаження;
- струм навантаження - до 1 А;
- монтаж на DIN-рейку;
- загальнопромислове виконання;

БПИ 24-1/1 предназначен для перетворення напруги 220 В в стабілізовану напругу постійного струму 24 В.

Джерело живлення призначене для харчування первинних і вторинних вимірювальних перетворювачів і відповідно до ГОСТ 12997-84 виконує допоміжну функцію.

Джерело живлення має гальванічну розв'язку між вхідний і вихідними ланцюгами.

По стійкості до кліматичних впливів при експлуатації джерело живлення відповідає групі виконання С1 по ГОСТ 12997-84, але при верхньому значенні температури навколишнього повітря плюс 60 °С.

Ступінь захисту від попадання всередину джерел живлення твердих тіл IP65.

3.3.2 Промислові контролери

Конструктивно WAGO 750 (рис. 3.5), складаються з модулів двох типорозмірів – мережного адаптера (51×65×100мм) і до 64 модулів вводу/виводу (12×64×100мм) для будь-якого типу сигналів.

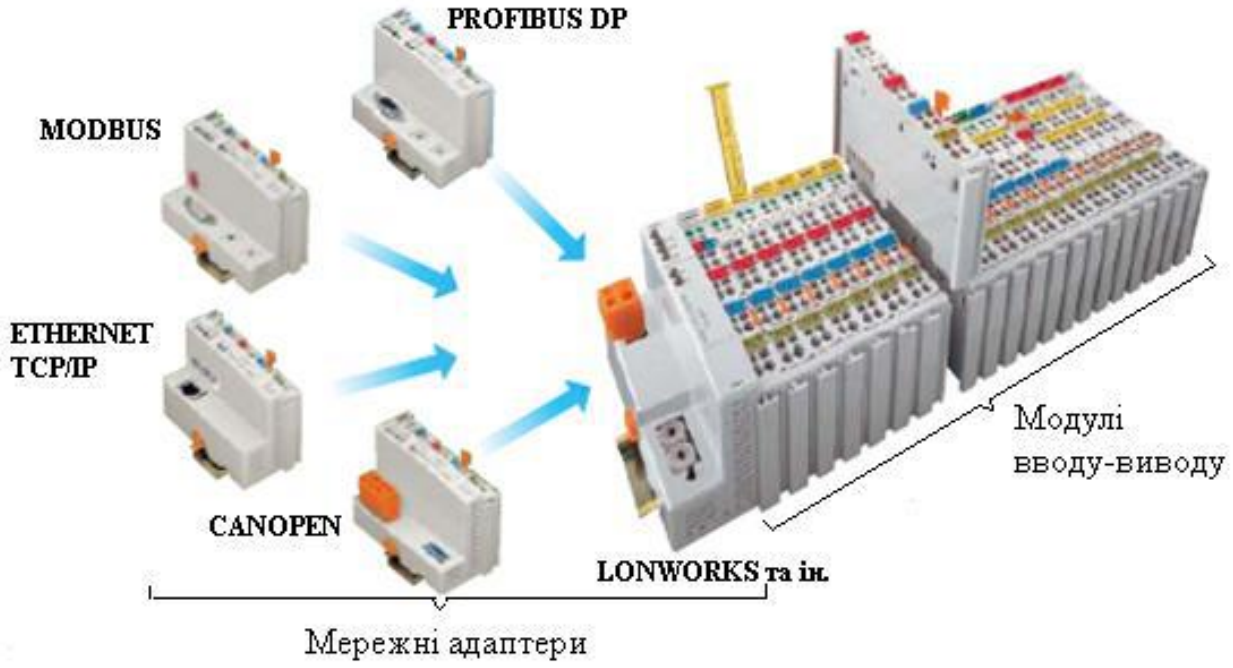


Рисунок 3.5 – Будова WAGO 750

Мережні адаптери випускаються для роботи в мережах Profibus, Interbus-S, CANbus, CANopen, CAL, DeviceNET, ETHERNET і LIGHTBUS. Разом змодулями вводу-виводу, вони складають Fieldbus вузол, який завершується кінцевим модулем. Для переводу вузла мережі з одного типу Fieldbus на інший немає необхідності міняти і перемонтовувати весь контролер – достатньо замінити лише мережний адаптер. Для мінімізації вартості

мережні адаптери випускаються двох різновидів – з можливістю підключення дискретних та аналогових модулів і лише дискретних.

Контролери WAGO 750 безініціативні, тому мають працювати під керуванням будь-якого інтелектуального пристрою, наприклад комп'ютера, на якому виконується SCADA-програма.

Вузлові контролери можуть бути пасивними або активними (програмованими). У промисловій мережі пасивні контролери виконують функції тільки підпорядкованих (Slave) і потребують підключення безпосередньо до робочої станції, виступаючої в ролі майстра мережі або до окремого контролера, який виконує роль майстра мережі. Активний контролер вузла мережі, окрім цього, може виконувати алгоритм, на підставі якого він і управляє станом своїх вихідних модулів, без участі комп'ютера верхнього рівня.

В цьому випадку в мережі можна обійтися і без окремого управляючого майстер-контролера і без робочої станції.

Програмування контролерів здійснюється за допомогою технологічних мов програмування стандарту IEC 61131-3. Завантаження програм може бути здійснено як локально, через діагностичний порт контролера WAGO I/O, так і дистанційно по мережі.

Основні технічні характеристики програмованих контролерів WAGO I/O:

- об’єм пам'яті програм: 32 кбайт;
- об’єм пам'яті даних: 32 кбайт;
- максимальне число програмних інструкцій: близько 3000;
- кількість одночасно виконуваних програм: 1;
- час циклу виконання програми: близько 3 мс для програми з 1000
- інструкцій (включаючи час обміну з модулями вводу-виводу);
- підтримувані мови програмування: LD, FBD, SFC;
- вимоги по живленню: 24 В, 500 мА;
- діапазон робочих температур: 0-50°С.

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління піччю відновлення

Температура верхньої та нижньої зони реактору

Температура замірюється за допомогою датчику(ТЕ). Далі сигнал надходить до перетворювача (ТТ) Він перетворює вхідний безперервний сигнал у вихідний струмовий. З термоперетворювача сигнал надходить на аналоговий вхід контролеру, а знього до перемикача режиму роботи (HS), а з нього сигнал надходить на управління нагрівачем у верхній зоні реактору. Також сигнал з контролеру транслюється до АРМ. Безпосередньо на АРМ є індикація та сигналізування приходящих сигналів.

Регулювання тиску у реакторі

Тиск у ректорі регулюється за допомогою виконавчого механізму, який керує регулюючею поворотною заслінкою.

З диференційного манометру ДБС 061000 (РЕ, поз. 1а) сигнал поступає до шафи ШПА, де розташовано показуючий прилад, ТМ 320 (РІ, поз 1б). Далі сигнал надходить до аналогового входу контролеруWAGO 750 та у вигляді імпульсу подає сигнал через дискретний вихід до виконавчого механізму МЕМ 100(поз 1г) який в свою чергу відкриває \ закриває регулюючу поворотну заслінку. Таким чином, відбувається регулювання подачею аргону до реактору, який регулює тиск у реакторі. Крім цього з контролера,з дискретного виходу, також поступає сигнал до МЕМ 100 (поз 1д), який керує регулюючеє поворотною заслінкою, але для спускання ПГС. З контролеру сигнал надходить також до АРМ, де відбувається індикація, сигналізування значень, індикація управління ручний або дистанційний (за надобності, у випадку аварійної ситуації, переходить з дистанційного на ручне керування), реєстрація значень, установка завдання або уставки.

Витрати $TiCl_4$

Управління дозатором, який подає $TiCl_4$ до реактору , регулюється виконавчим механізмом , який керує регулюючою поворотною заслінкою.

Витрата тетрахлорида титану вимірюється по зміні рівня у видатковому баку (LE, поз. 15а) Liquiphant SFTL70, з якого подається $TiCl_4$ до реактору, а також витратоміром (FE, поз. 14а) Метран 350. З них поступають сигнали до аналогового входу контролера WAGO 750 та у вигляді імпульсу подає сигнал через дискретний вихід до виконавчого механізму МЕМ100, який в свою чергу керує регулюючою поворотною заслінкою (поз 16а). Ця заслінка відкриває \ закриває потік TiCl4 до реактору, тим самим контролює витрату.

Також сигнал надходить до АРМу, де відбувається індикація, сигналізація, індикація ручного або дистанційного керування,реєстрація даних та задається завдання або уставка

4.2 Принципова електрична схема регулювання температури у робочій зоні печі відновлення

Прилади живляться від мережі (220В або 380В). Сигнал від датчику температури через 1, 2 клеми поступає до термоперетворювача (клеми 20, 21). З нього сигнал потрапляє до клеми модулю вводу/виводу контролеру (через клеми 3, 4 до 7, 8). На контролер приходить сигнал від сигнальної лампи (з 1, 2 до 1, 2). Контролер живиться від мережі 220В, через клеми 1, 2. Далі сигнал потрапляє до перемикача режиму роботи (клеми 27, 26). Він живиться від мережі 220В, з клем 1, 2. З нього,з клем 19 та 18, сигнал потрапляє до нагрівача клеми 1, 2.

4.3 Принципова електрична схема живлення системи автоматичного регулювання температури у робочому просторі печі відновлення

На принциповій електричній схемі живлення зображені апаратура відключення джерел живлення і споживачів електроенергії, і апаратура контролю напруги, найменування споживачів, креслення та перелік апаратури.

Живлення таких приладів здійснюється безпосередньо від існуючої мережі. Для запобігання виходу приладів з ладу в результаті раптового підвищення напруги застосовуються запобіжники.

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

На принциповій схемі живлення знаходяться: розподільний пункт РП-25, вимикачі автоматичні Hager MC116A, плавкі запобіжники ПТ, плавкі запобіжники ПН, прилади розтошовані на щиті КВПіА електроапаратури (перемикач режиму роботи DOP H07E425).

Потужність дорівнює 50 Вт виходячі із сумарної потужності, споживаної приладами. Подаємо напругу у 220В, так як сам термоперетворювач споживає 220 В.

Перемикачі Hager MC116A з фіксацією та замком призначені для комутації електричних кіл управління, сигналізації та захисту напругою від 12 до 220В постійного струму і від 24 до 380В змінного частотою 50,60 і 400 Гц при струмі від 0,25 до 6,3А у стаціонарних установках. Максимальна допустова частота перемикання за годину дорівнює 1200. ПТ являються високовольтними запобіжниками(напруга - 6, 10 і 35 кВ, а струм - від 2 до 200 А).В повний комплект поставки входить: замінний плавкий елемент (патрон запобіжника) ; два опорних ізолятора; два контакти; комплект кріплення.

ПН також являються високовольтними запобіжниками (напруга - 10 і 35 кВ, струм - не нормується).У комплект поставки входять ті самі елементи, що і у ПТ.

4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА

На монтажній комутаційній схемі (МКС) відображаються взаємозв’язки між приладами у межах щита.. Прилади, розміщені на щиті:

- контролер WAGO 750 прикріпленний на DIN-рейку;
- панель управління;
- термоперетворювач та перемикач режиму роботи DOP-H 07E425;
- блоки живлення;
- сигнальна лампа.

Окрім безпосередньо приладів на щиті розміщено клемні збірки, через які відбувається зв'язок з обладнанням, що знаходиться безпосередньо на об’єкті. Також через клемні колодки на щит вводиться напруга для живлення устаткування від мережі 220В та 380В змінного струму.

4.5 Зовнішний вигляд щита та вигляд на внутрішній панелі

На схемі зображено розташування всіх встановлених приладів, вказано розміри вирізів, необхідних для монтажу.

На виробництві обрали панельний щит висотою 2200 мм, та шириною 800 мм. На висоті 2000 мм розташована сигнальна лампа. На ліцовій панелі розміщуеться термоперетворювач. Крім цього, з зовнішньої сторони розтошован блок клемних зєднань, на висоті 200 мм.

4.6 Схема зовнішніх з’єднань

На схемі зовнішніх з’єднань показані електричні та трубні зв’язки які прокладаються поза щитом. Створення схем зовнішніх зєднань відбувається після визначення місць встановлення щитів та пультів управління, первинних приладів, регулюючих органів та місцевих приладів. На схемі зовнішніх зєднань розташовуються термодатчик ХА 1700 з нагрівачем.

Для передачі сигналів від датчиків витрати та інших сигналів використано КВРБГ4х1,5мм2 та КВРБГ4х10мм2. Для захисту дротів та кабелів застосовуються труби сталеві захисні ТР14х2.

4.7 Схема трас і проводок

Схема трас і проводок є проектним матеріалом на основі якого виробляються монтажні роботи , а саме встановлення щита КВП і А, приладів та засобів автоматизації, а також прокладання електричних та трубних проводок. Схема призначена для вказівки координат встановлення обладнання АСУ, напрям потоків електричних та трубних проводок та для рекомендації за способами їх кріплення. Вихідними матеріалами є технологічні креслення функціональної схеми автоматизації принципової електричної схеми, схеми живлення, монтажно-комутаційної схеми і схеми зовнішніх зєднань.

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Система управління нормально функціонує при наступних кліматичних умовах:

- температура навколишнього повітря від 10 до 35 ° С;

- відносна вологість повітря при температурі 25 ° С від 40 до 80%;

- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (від 630 до 800 мм рт.ст.);

- вібрація підлоги в приміщеннях не повинна перевищувати 0,1 мм по амплітуді і 25 Гц по частоті.

Навколишнє середовище не повинно містити парів кислот, лугів, струмопровідного пилу.

Для забезпечення ефективної роботи системи автоматичного регулювання в процесі експлуатації необхідно розрахувати вірогідність безвідмовної роботи системи та оцінити її надійність.

Розрахунок показників безвідмовності виробів проводиться методом λ-характеристик, Який засновано на визначенні інтенсивності відмов комплектуючих виробів. При цьому прийняті наступні допущення:

- відмови комплектуючих виробів – випадкові незалежні події;
- інтенсивність відмов комплектуючих виробів протягом терміну їх служби в одних і тих же робочих режимах і умовах постійна;
- відключений стан виробів прирівнюється до зберігання.

Розрахунок ведеться для печі відновлення титану. Характеристики обладнання, яке входить до складу системи, наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Характеристики відмово стійкості обладнання системи

Найменування приладів	Інтенсивність відмов $\lambda \cdot 10^{-6}$, 1/год.	Кількість елементів n_i, шт.
Термопара ХА 1700	3	11
Термоперетворювач ИПБ 0399/М2	2	11
Перемикач режиму роботи DOP-H07E425	1	4
Контролер WAGO 750	5	1

Розрахунок загальної сумарної інтенсивності відмов всієї системи автоматичного регулювання (САР):

$$\lambda_{заг} = k * \sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} * n_i, \quad (5.1)$$

$$\lambda_{заг} = 3 * 10^{-6}(3 * 11 + 2 * 11 + 1 * 4 + 5 * 1) = 192 * 10^{-6} \left[\frac{1}{год}\right],$$

де k – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР (k=3);

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

m – кількість груп;

n_i - кількість елементів у групі.

Розрахунок напрацювання на відмову:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{заг}} = \frac{1}{192*10^{-6}} = 5208.33[год], \quad (5.2)$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Дані і результати розрахунків параметрів надійності наближеним методом для елементів

Найменування елементів	n_i	k	$\lambda_{0i} *10^{-6}$	$\lambda_{0i} *n_i*10^{-6}$	$k*\lambda_{0i} *n_i*10^{-6}$
Термопара ХА 1700	11	3	3	33	99
Термоперетворювач ИПБ 0399/М2	11		2	22	66
Перемикач режиму роботи DOP-H07E425	4		1	4	12
Контролер WAGO 750	1		5	5	15
Разом	27		11	64	192

Розраховуємо середнє значення тривалості відновлення САР, якщо потрібне повне відновлення:

$$T_B = \sum_{j=1}^{q} T_{Bj} * m_j \text{ , [год],} \qquad (5.5)$$

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

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

m_j - кількість елементів в групі.

Дані для розрахунку тривалості відновлення заносимо до табл.5.3.

Таблиця 5.3 - Дані для розрахунку тривалості відновлення

Назва і типи елементів	Середнє значення тривалості відновлення T_{Bj}, год	Кількість елементів у групі, m_j
Термопара ХА 1700	1	11
Термоперетворювач ИПБ 0399/М2	1,5	11

Перемикач режиму роботи DOP-H07E425	0,5	4
Контролер WAGO 750	1	1

$$T_B = (1*11+1,5*11+0,5*4+1*1) = 30,5 \text{ год.}$$

Визначаємо коефіцієнт готовності :

$$К_г = \frac{1}{1+\lambda_{заг}*T_B} = \frac{1}{1+192*10^{-6}*30,5} = 0,99418\,, \qquad (5.6)$$

де $К_Г$ – коефіцієнт готовності;

$\lambda_{заг}$ - загальна інтенсивність відмов;

$T_В$ – середнє значення тривалості відновлення САР.

Для збільшення надійності системи і збільшення середнього часу роботи рекомендується: спрощення системи, вибір найбільш надійних елементів та полегшення режимів роботи елементів.

6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Замовна специфікація складається на стадії робочої документації та обов’язково включає розділи:

- прилади та засоби автоматизації;
- агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки;
- щити і пульти управління;
- електроапаратуру;
- трубопровідну арматуру;
- кабелі та проводи;
- вузли та конструкції;
- матеріали та монтажні вироби.

Замовну специфікацію наведено у Додатку А.

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

7.1 Кадрова політика

Кадрова політика, як складова і невід'ємна частина загальної політики ТОВ «ЗТМК» – сукупність принципів, методів, форм, організаційного механізму вироблення цілей і завдань підприємства, спрямованих на:

- досягнення стратегічних цілей і завдань Товариства в рамках законодавства про працю;

- збереження, зміцнення і розвиток кадрового потенціалу ТОВ «ЗТМК»;

- створення ефективного, продуктивного, згуртованого колективу, здатного своєчасно реагувати на вимоги зовнішнього середовища.

Метою кадрової політики є своєчасне забезпечення потреб Товариства персоналом відповідної компетентності з урахуванням індивідуальних особливостей для досягнення кожним співробітником максимальної результативності.

Кадрова політика заснована на наступних принципах:

- персонал є найбільшою цінністю Товариства;

- відкритість і інформованість, моніторинг і зворотний зв'язок;

- винагорода працівників за працю відповідно до результатів діяльності підприємтсва, кожного підрозділа і внеском окремого працівника;

- збереження традицій і постійне вдосконалення.

Ключовими напрямками кадрової політики є:

- формування керівництвом Товариства команди професіоналів;

- системна робота з навчальними закладами всіх рівнів акредитації;

- створення і застосування сучасних систем роботи з персоналом в сфері пошуку, підбору та відбору; розвиток зовнішнього і внутрішнього кадрового резервів;

- розвиток комплексних програм навчання та адаптації співробітників, підвищення кваліфікації, навчання і перенавчання суміжним професіям;

- створення і реалізація проекту по підвищенню ефективності управління персоналом шляхом впровадження системи оцінки та розвитку компетентності, в тому числі за рахунок створення Моделі компетенцій;

- розробка та впровадження мотиваційних механізмів підвищення зацікавленості і задоволеності працею;

- впровадження та розвиток системи компенсації праці, що включає застосування матеріальних і нематеріальних стимулів;

- оптимальне управління витратами на персонал;

- проведення маркетингової діяльності в області персоналу;

- розвиток соціальних програм та корпоративної соціальної відповідальності;

- формування і розвиток корпоративної культури на основі ідеології партнерських взаємин і традицій підприємства;

- створення позитивного, привабливого для потенційних працівників іміджу підприємства у зовнішньому середовищі за допомогою зустрічей, майстер-класів, реалізації спільних проектів.

Реалізацію кадрової політики здійснюють всі керівники ТОВ «ЗТМК». Ефективність кадрової політики забезпечують керівники підрозділів управління персоналом і соціального розвитку за допомогою застосування сучасних інструментів роботи з персоналом, розробки програм, і заходів, спрямованих на досягнення відповідності компетентності персоналу певним цілям і завданням діяльності Товариства, вирішуються на конкретному етапі розвитку підприємства. ТОВ «ЗТМК» активно пропагує свою кадрову політику серед співробітників і потенційних працівників підприємства. Контроль відповідності принципів і напрямів кадрової політики цілям і стратегії розвитку підприємства здійснює вище керівництво.

Визначальним фактором, що впливає на конкурентоспроможність, економічне зростання і ефективність виробництва, є наявність на підприємстві

людських ресурсів, здатних професійно вирішувати поставлені виробничі завдання. Для ефективного управління персоналом підприємство має цілісну систему роботи з кадрами, що дозволяє управляти ними від моменту прийому на роботу до завершення кар'єри.

7.2 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ

Одноразові витрати на створення АСУ (КА) визначаються за формулою:

$$К^{А}=К^{А}_{П}+К^{А}_{К} \quad (7.1)$$

де $К^{А}_{П}$- довиробничі витрати, грн.;

$К^{А}_{К}$ - капітальні витрати грн.

Довиробничі витрати на створення АСУ розраховується за формулою:

$$К^{А}_{П}= К^{А}_{Пр}+ К^{А}_{ПО}+ К^{А}_{ИО}\ , \quad (7.2)$$

де $К^{А}_{Пр}$ – витрати на проектування АСУ грн.;

$К^{А}_{ПО}$ – витрати на розробку програмного забезпечення грн.;

$К^{А}_{ИО}$ – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ) грн.

За формулою 7.2 розраховані довиробничі витрати:

$$К^{А}_{П}= 10000+5000+5000=20000 \text{ грн.}$$

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$К^{А}_{К}= К^{А}_{КТС}+ К^{А}_{монт,} \quad (7.3)$$

де $К^{А}_{КТС}$ – кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ) грн.;

$К^{А}_{монт}$ – витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу грн.(10% від вартості КТЗ);

$К^{А}_{КТС}$ = 113240 грн. (Табл. 7.1);

$К^{А}_{монт}$ = 113240*10/100 = 11324 грн.;

За формулою 7.3 розраховані капітальні витрати:

$$К^{А}_{К} = 113240 + 11324 = 124564 \text{ грн.}$$

За формулою 7.1 розраховані одноразові витрати:

$$К^{А} = 20000 + 124564 = 144564 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.1- Кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ)

Найменування	Ціна за од., грн	Кількість	Сума, грн
ПЛК WAGO 750	385000	1	385000
ПК Acer	56000	1	56000
Перетворювачі витрат ДБС	2000	4	8000
Показуючий прилад Овен ТРМ 1	3200	2	6400
Перетворювач тиску Danfoss MBS 1700	4300	3	12900
Засувка клинова фланцева з висувним шпинделем 30С41НЖ	5000	3	15000
Датчик температури ТХА	1400	11	15400
Блок ручного управління DOP-H 07E425	13900	4	41700
Перетворювач витрат Rosemount 8800DW010	51600	1	51600
Датчик рівня Liquiphant s	8200	1	8200

Монтажні елементи	12000	1	12000
Шафа технологічна	7600	1	7600
Оптичний кабель	10800		10800
Сума			630600

7.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ

Розрахунок річних експлуатаційних витрат на функціонування АСУ (ЗЕКСП) здійснюється за формулою:

$$З_{ЕКСП} = З_{ЗП}+З_{ЄЛ}+З_{А}+З_{МАТ}+З_{РЕМ} \quad (7.4)$$

де $З_{ЗП}$ – річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування АСУ з відрахуванням на соціальні відрахування, грн.;

$З_{ЄЛ}$ – річна сума вартість електроенергії, споживаної АСУ, грн.;

$З_{А}$ – сума річних амортизаційних відрахувань, грн. (10% від вартості КТЗ);

$З_{МАТ}$ – річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ грн. (2% від вартості КТЗ);

$З_{РЕМ}$ – річна вартість ремонту обладнання грн. (7% від вартості КТЗ).

Заробітна плата фахівців в умовах функціонування АСУ залежить від їх чисельності, часу роботи і тарифної ставки. Відрахування на соціальні потреби та військовий збір 30% (20,5% - єдиний соціальний податок, 4% - страхування на нещасні випадки, 5% - військовий збір).

$$З_{ЗП} = 5 * 8 * (10000*0,28) = 112000грн.$$

Річна вартість електроенергії, споживаної АСУ, визначається за формулою:

$$З_{ЄЛ} = W*Т_{ЄФ}*Ц_{Є,} \quad (7.5)$$

де W– встановлена потужність КТЗ, кВТ;

$Т_{ЄФ}$ – ефективний час роботи КТЗ, год.;

$Ц_{Є}$ – вартість 1 кВт*год електроенергії.

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$З = (К^{А}_{К} * Н_{А})/100. \quad (7.6)$$

За формулою 7.6 розрахована річна сума амортизаційних відрахувань:

$$З_{А} = (124564 * 10)/100=12456,4 \text{ грн.}$$

За формулою 7.6 розрахована вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ:

$$З_{МАТ} = (124564 * 2)/100=2491,28 \text{ грн.}$$

За формулою 7.6 розрахована річна вартість ремонту обладнання:

$$З_{РЕМ} = (124564 * 7)/100=8719,48 \text{ грн.}$$

7.4 Показники економічної ефективності

Для знаходження річного економічного ефекту скористаємось формулою:

$$ЕЕ= Е - Р_{експ}, \quad (7.7)$$

де Е – річна економія від впровадження АСУ;

Рексп – річні витрати на експлуатацію.

Завдяки впровадженню АСУ в виробництво зменшилась кількість використаної електроенергії та зменшилась кількість браку титанової губки.

$$E = 710000 \text{ грн.};$$

$$Рексп = 548172 \text{ грн.};$$

$$ЕЕ = 710000 - 548172 = 161828.$$

Ефективність витрат визначається за показниками:

Час окупності системи (7.8)

$$T_р = К / ЕЕ, \quad (7.8)$$

де К – капітальні вкладення по створенню та введенню АСУТП грн.;

ЕЕ – річна економія від впровадження АСУ.

Рентабельність капітальних вкладень ($E_р$) на АСУ:

$$E_р = ЕЕ/К . \quad (7.9)$$

За формулою 7.8 розраховано час окупності системи:

$$T_р = 161828/ 113240 = 1{,}4 \text{ рік.}$$

За формулою 7.9 розраховано рентабельність капітальних вкладень

$$E_р = (113240/161828)*100\% = 69{,}9 \%.$$

Таким чином впровадження АСУ установки для відновлення титану покращить якість титану. Впровадження САР температури робочого простору окупиться через 1 рік 4 місяці та почне приносити прибуток.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

8.1 Основні шкідливі речовини та небезпеки на ділянці виробництва

Основні шкідливі речовини та небезпеки на ділянці виробництва представлені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 - Оцінка факторів виробничого і трудового процесу

Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3 клас –шкідливі й небезпечні умови праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
			1а ступінь	2а ступінь	3я ступінь	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м 2-й клас небезпеки: Сірчаний газ SO_2 Окис вуглецю CO Оксиди азоту NO_2	 10,000 2 =20	7.99 2.09 8	1,045р			89 89 89
Пил, переважно віброгенної дії мг/$м^3$ Кремнію діоксид кристалічний (граніт, шамот, слюда, сирець, вуглецевий пил) при змісті в пилу від 10 до 70 %	4,000	9.28			2.32 р	89
Шум, дБ	80	92		12		89
Мікроклімат у приміщенні в теплий період - температура повітря, °С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, %	21-28 0,1-0,3 60≤	40 0,33 56	1,1		12	 89 89 89
Рабочая поза - передування у нахиленому положені до 30 град.		26,4	26,4			
Тяжесть и напряженность труда	Важка III - го ступеню, напружена					

8.2 Заходи з поліпшення умов праці

Норми освітленості, обмеження осліплювальної дії світильників, пульсацій освітленості та інші якісні показники освітлювальних приладів повинні визначатися відповідно до вимог (ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення). Усі виробничі приміщення повинні мати безпосередньо природне освітлення. Штучне освітлення повинно застосовуватися там, де постійно або тимчасово знаходиться обслуговувальний персонал, як у приміщеннях, так і зовні. Норма освітлення: 750 Лк.

У гарячих цехах працівники повинні забезпечуватися для пиття газованою водою через спеціальні установки. Для користування питною водою у спеціально відведених місцях повинні бути влаштовані фонтанчики.

Рівні шуму, які впливають на працівників, при виробництві та переробці губчастого титану повинні відповідати вимогам Санітарних норм і правил при роботі з машинами та обладнанням, які створюють локальну вібрацію, що передається на руки працівників (ДСТУ 2867-94). Вентилятори, димососи, повітродувки, рівні шуму яких перевищують допустимі норми, повинні бути вміщені у звукоізольовані камери або звукоізолювальні укриття (кожухи), бути обладнані глушниками шуму з боку всмоктування і нагнітання, мати засоби віброізоляції, що запобігають передачі вібрацій трубопроводам і фундаментам.

При роботі з обладнанням (пневмогайкокрути, відбійні молотки тощо), яке створює рівні шуму, що перевищують допустимі, повинні застосовуватися засоби індивідуального захисту (антивібраційні рукавиці та взуття, антифони тощо).

На виробництвах, де працівники працюють з обладнанням та інструментами, рівні вібрації яких перевищують нормативні, приміщення повинні бути обладнані пристроями для проведення профілактичних процедур, а також розроблені спеціальні графіки роботи з інструментами, що вібрують.

8.3 Електробезпека

Для забезпечення електробезпеки персоналу на виробництві застосовуються спеціальні електрозахисті засоби.

В електроустановках застосовуються різні технічні способи та засоби електрозахисту такі як: ізоляція струмоведучих частин і її безперервний контроль; компенсація ємнісної складової струму, замикання на землю; огороджувальні пристрої; попереджувальна сигналізація та блокування; захисне заземлення; занулення; електричний поділ мереж; засоби індивідуального електричного захисту; захисне відключення.

Відвід шинопроводів з корпусу огороджені цегляною кладкою висотою 3,5 м. Електричні розподільні пристрої напругою до 500 В, для силової освітлювальної мережі, розташовані на торцевих стінах корпусу, не ближче 6 м від шинопроводу.

Для безпеки робіт в електроустановках здійснюються організаційні та технічні заходи. Організаційними заходами є: оформлення роботи нарядом чи розпорядженням; допуск до роботи, нагляд під час роботи, оформлення перерв у роботі, закінчення роботи. Роботи в електроустановках до 1000 В можуть проводитися за усним або письмовим розпорядженням. До технічних належать: відключення і вживання заходів, що перешкоджають помилковому або мимовільному включенню; вивішування плакатів; встановлення огорож, приєднання до заземлених частин переносних заземлень.

Основне значення при дії на людину має величина, що проходить через його тіло струму, але впливає і рід струму, його частота, шлях струму через тіло людини, тривалість дії струму та індивідуальні особливості потерпілого.

Різні величини струму частотою 50 Гц діють наступним чином:

- 5...10 мА – біль у м'язах, судомні їх скорочення;
- 10...20 мА – біль, руки неможливо відірвати від електродів;
- 25...50 мА – біль в руках і грудях, ускладнене дихання, можливий параліч дихання і втрата свідомості;

- 50...80 мА – при тривалій дії можлива клінічна смерть;
- 100 мА і більше – при тривалості більше 3 с можлива клінічна смерть.

Електрична небезпека пов'язана з можливістю дотику до струмоведучих частин або корпусів електроустаткування, що знаходиться під напругою. Дотик до струмоведучих частин можливий при відкритих дверцятах шаф, кришках щитків, коробок затискачів.

Захисними засобами називаються прилади, апарати, переносні та вантажі пристосування і пристрої, а також окремі частини пристроїв та апаратів, що служать для захисту персоналу, що працює на електроустановках, від ураження електричним струмом. Основними захисними засобами називаються такі, які надійно витримують робочу напругу електроустановки, і застосовуються в електроустановках до 1000 В. До них належать: діелектричні рукавиці; інструмент з ізольованими ручками; покажчики напруги, ізолюючі кліщі. До додаткових захисних засобів, що застосовуються в електроустановках до 1000 В, належать: діелектричні калоші; діелектричні гумові килимки; ізолюючі підставки.

8.4 Пожежовибухобезпека

Заземленню підлягають корпуса електродвигунів, трансформаторів, шаф перетворювачів, пульти управління та інше обладнання яке в слідстві несправності або пошкодження ізоляції або інших причин можуть виявитися під напругою. Заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус і з інших причин.

Первинні засоби пожежегасіння служать для гасіння пожеж в початковій стадії їх розвитку до прибуття пожежних підрозділів. До них відносяться ручні, та пересувні вогнегасники, гідропульти, відра, лопати, ящики з піском, азбестові полотна, ломи, пилки, гаки, вали та сокири.

Для гасіння електроустановок під напругою і невеликих вогнищ пожежі, що виникли від займання горючих речовин і матеріалів, застосовуються вуглекислотні вогнегасники ОУ-5, а також вуглекислотні брометилові ОУБ-3А.

Вуглекислотних брометілових вогнегасники мають ряд переваг в порівнянні з: вуглекислотними вогнегасниками: заряд 4НД в 4 рази ефективніше вуглекислоти; заряд діє в більш широкому діапазоні температур: від -60 °С до +55 °С; бромистий етил володіє високими змочувальні властивостями; вага в 3 рази менше вуглекислотного.

Для гасіння невеликих загорянь застосовуються порошкові вогнегасники ОП-1 "Супутник", ОП-1 "Турист", ОП-1Б "Момент".

8.5 Засоби індивідуального захисту

Спецодяг та засоби індивідуального захисту працівників, що знаходяться на ділянці відновлення та вакуумної сепарації представлені в табл. 8.2

Таблиця 8.2 – Спецодяг, засоби індивідуального захисту працівників [5]

Професія	Спецодяг, ЗІЗ	ДСТУ, ТУ	Термін використання
Пічовий	Рукавиці суконні	НПАОП 0.00-7.17-18	2 місяці
	Рукавиці кислотостійкі	НПАОП 0.00-7.17-18	2 місяці
	Каска	НПАОП 0.00-7.17-18	2 роки
	Захисні окуляри	НПАОП 0.00-7.17-18	2 роки
	Шкіряні чоботи	НПАОП 0.00-7.17-18	1 рік
	Суконна натільна білизна	НПАОП 0.00-7.17-18	9 місяців
	Суконна куртка	НПАОП 0.00-7.17-18	9 місяців
	Суконні штани	НПАОП 0.00-7.17-18	9 місяців
	Суконний шолом-маска	НПАОП 0.00-7.17-18	1 рік
	Рукавиці брезентові	НПАОП 0.00-7.17-18	2 місяці
	Щиток з оргскла	НПАОП 0.00-7.17-18	2 роки

	Респіратор типу "Сніжок"	НПАОП 0.00-7.17-18	1 день
	Шолом-маска з коробкою БКФ	НПАОП 0.00-7.17-18	1 рік

ВИСНОВОК

Комплексна автоматизація процесу відновлення досі є проблемою через періодичності процесу, недостатньої точності контролю матеріальних потоків, складності взаємозв'язків параметрів.

У кваліфікаційній роботі розглянуто процес відновлення титану.

Для підвищення продуктивності та більшої точності було запропоновано використання контролера WAGO 750. Що дозволе покращити час реакції на виникнення відхилень та реалізувати в САР складні закони регулювання.

У ході виконання дипломного проекті розроблено схему інформаційних та матеріальних потоків, функціональну схему автоматизації, принципову електричну схему, принципову електричну схему живлення, зовнішній вигляд щита та вид на внутрішні панелі, монтажну комутаційну схему, схему зовнішніх з’єднань та схему трасс та проводок.

Також розроблені заходи щодо захисту від шкідливих та небезпечних факторів, таких як: хлорид магнію, тетрахлорид титану, оксид магнію, аргон, електричний струм, шум, підвищення температури: на поверхні устаткування та повітря робочої зони, рухомі машини та частини виробничого обладнання.

Для підтвердження доцільності розробленого проекту автоматизації розраховані його техніко-економічні показники. Аналіз результатів розрахунку показав, що строк окупності системи – 1 рік 4 місяці.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Запорізький титаномагнієвий комбінат. URL: https://ztmc.zp.ua/ (дата звернення 07.05.2025 р.).

2. ДСТУ 3451-96. Технічні засоби для розподілених автоматизованих систем керування технологічними процесами. Загальні вимоги до спряження виробів

3. ДСТУ ISO 10012:2005. Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.

4. ДСТУ 3680-98. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Методи захисту.

5. НПАОП 0.00-7.17-18. Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров`я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці. Міністерство соціальної політики України

6. Ніколаєнко А. М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації: Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності «АУТП». Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 66с.

7. Полянський Г. О. Методические указания к расчету надежности и работоспособности систем автоматизированного управления (раздел дипломного проекта «Проектная оценка надежности АСУ ТП»). Запоріжжя : ЗДІА, 2003. 24с.

8. Ніколаєнко А. М. Виконавчі пристрої та регулювальні органи: Методичні вказівки до курсового проекту. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 66с.

9. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації. Цифрові регулятори. Запоріжжя : ЗДІА, 2009.-84 с.

10. Ніколаєнко А.М. Програмування ПЛК у Softlogic-системі. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 203с.

11. Солодовников В.В., Коньков В.Г. Мікропроцесорні автоматичні системи регулювання. Київ: Вища школа, 1991. 255 с.

12. Зінченко Ю.М., Барішенко О.М. Теорія автоматичного управління. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 35 с.

13. Емпіріко-теотетичні методи дослідження систем управління. URL: http://examen.od.ua/upravlen/page117.html (дата звернення 22.05.25).

14. Консультаційний центр Matlab компании Softline. URL: http://matlab.exponenta.ua/ (дата звернення 04.06.25).

15. Інформаційні технології в металургії. URL: it.edu.ua/news/16-05-2022-informatsijni-tekhnologiji-v-metalurgiji-ta-mashinobuduvanni-itmm-2022 (дата звернення 15.01.25).

16. Пазюк М. Ю. Проектування АСУ ТП : Методичні вказівки до курсового. Запоріжжя : ЗДІА, 2003. 4с.

17. Міняйло Н. О., Пазюк М. Ю. Дипломне проектування : методичні вказівки до написання та оформлення дипломного проекту. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. 75 с.

18. Клюєв О. С., Глазов Б. В., Дубровський А. Х., Клюєв А. А. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. Під ред. А.С. Клюєва. 2-е. вид., перероб. і доп. Енергоатомиздат, 1990. 464с.

19. Ніколаєнко А. М., Міняйло Н. А. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2011. 444с.

20. Барішенко О. М., Овчинникова І. А. Контрольна робота з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень» : метод. вказівки. Запоріжжя: ЗДІА, 2010. 26с.

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

22. Автоматизація металургійних печей : підручник. / В. Ю. Каганов, О. М. Блинов, Г. М. Глинков; ред. О. М. Блинов. Металургія, 1975. 376с.

23. Металографія титану. Під ред. С. Г. Глазунова і Б. А. Колачева, М., 1980. 389с

24. Ярошенко Ю. Г. Теплова робота та автоматизація печей. Металургія, 1984. 208 с.

25. ДСТУ 34.602-89. Інформаційні технології. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи.

- 26. Ткачук К.Н., Бересневич П.В. та ін. Охорона праці : підручник для студентів вищих закладів освіти.

ДОДАТКИ

Додаток А

Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів системи автоматизації

Позиція	Найменування та технічні хар-ки обладнання	Тип та марка обладнання	Одиниця виміру		Ціна за одиницю	Кількість	Маса одиниці обладнання
			Найм.	Код			
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Прибори та засоби автоматизації							
1б,4б	Показуючий прилад	ТМ 320	шт			2	
1а,2а,3а,4а	Датчик витрат	ДБС 061000	шт			4	
1г,1в, 17а	Регулююча поворотна						
	заслінка	ПРЗ 100	шт			3	
2б, 3б,4б	Перетворювач тиску	Сафір 22	шт			3	
5а,6а..13а,14а,18а	Датчик температури	ХА1700	шт			11	
5б,6б..13б,14б,18б	Перетворювач температури	ТХА 0192	шт			11	
5в,6в,7в,8в	Перемикач режиму роботи	ООР-Н 07Е425	шт			4	
15а	Датчик витрат	Метран 350	шт			1	
16а	Датчик рівня	Liquiphant S	шт			1	
		FTL 70					
1г, 1в, 17а	Виконавчий механізм	МЕО-100	шт			3	
4	Блок аналогових входів	WAGO 750-641	шт			7	
5	Блок дискретних входів	WAGO 750-553	шт			4	
6	Блок дискретних виходів	WAGO 750-504	шт			2	
2. Агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки							
	Ноутбук	Acer AspireV5	шт			5	
3. Щити та пульти управління							
	Щит панельний	ШПА-30	шт			1	
	Шафа скляна	ШС-10	шт			1	

1	2	3	4	5	6	7	8
		4. Електроапаратура					
SA2	Перемикач	ПМОФ-45					
		222222/I-Д65	шт			1	
SA1, SA3, SA15.	Перемикач	ПМОФ-45					
		222222/I-Д9	шт			14	
FU2	Запобіжач ISO 9001	ВП 2Б-1В	шт			1	
FU1FU3,FU15	Запобіжач	ВП 2Б-1В	шт			14	
K1	Клемна колодка	КК-10	шт			2	
K2	Клемна колодка	КК-9	шт			2	
		5. Трубопровідна арматура					
	Труба захисна	Тр 14х2	м			80	
		6. Кабелі та проводка					
	Кабель	КВРБГ 4х1мм2	м			90	
	Дріт	ПВ 1х1	м			90	
		7. Монтажні матеріали					
	Рейка DIN	NS35/7.5	м			3	
	Рейка Р600 ТК3-100-83	Р6	шт			2	
	Скоба С3 600 ТК3-125-83	С3	шт			20	
	ТК3-257-83	УП	шт			40	