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 прохідної методичної печі в умовах цеху гарячої прокатки. Система автоматичного регулювання температури у томільній зоні

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1511
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва освітньої програми)
А. О. Руденко
(ініціали 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 151 «Автоматизація та комп'ютерно -інтегровані технології
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
"____" _____ 2025 року

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

Руденку Антону Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проєкт автоматизації прохідної методичної печі в умовах цеху гарячої прокатки. Система автоматичного регулювання температури у томільній зоні
керівник роботи Овчининкова 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 на діючому виробництві, недоліки існуючої системи управління, аналіз роботи технологічної ділянки, розробка системи автоматизації, розробка технічної документації, розрахунок надійності системи автоматизації, розрахунок техніко-економічних показників, 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. Овчинінкова І. А.		
2	доц. Овчинінкова І. А.		
3	доц. Овчинінкова І. А.		
4	доц. Овчинінкова І. А.		
5	доц. Овчинінкова І. А.		
6	доц. Овчинінкова І. А.		
7	доц. Овчинінкова І. А.		
8	доц. Овчинінкова 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 та обгрунтування комплексу технічних засобів	05.05-11.05.25	виконано
5	Проєктування системи автоматизації методичної печі	12.05-18.05.25	виконано
6	Розробка технічної документації	19.05-25.05.25	виконано
7	Розрахунок системи автоматизації та показників її надійності	26.05-01.06.25	виконано
8	Розрахунок техніко-економічних показників	02.06-08.06.25	виконано
9	Розгляд питань охорони праці та техногенної безпеки	09.06-15.06.25	виконано
10	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю, підготовка доповіді	16.06-22.06.25	виконано

Студент _____ (підпис) Антон РУДЕНКО (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено

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

РЕФЕРАТ

Руденко А. О. Проєкт автоматизації прохідної методичної печі в умовах цеху гарячої прокатки. Система автоматичного регулювання температури у томільній зоні.

Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 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 проєкту системи автоматизованого управління нагрівом металу перед обробкою на прокатних станах

Основна частина містить аналіз роботи технологічної ділянки та техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки проєкту. Розроблена схема матеріальних та інформаційних потоків і схеми технічного забезпечення проєкту автоматизації: функціональна схема автоматизації методичної печі, принципова електрична, монтажна комутаційна схеми, принципово електрична схема живлення, схеми зовнішніх з'єднань, спроектований щит КПіА. Обрано комплекс технічних засобів автоматизації. Виконана проектна оцінка надійності САР. У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних на шкідливих факторів на території цеху холодного прокату.

В розділі організаційного забезпечення проведено 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 22 найменувань, викладена на 102 сторінках машинописного тексту, включаючи 19 рисунків, 16 таблиць, 1 додаток.

Ключові слова: методична штовхаюча піч, регулювання, контролер, проєкт, система автоматизації, щит КВПі А.

ЗМІСТ

ВСТУП 8

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ 9

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи 9

1.2 Методична піч як об’єкт автоматизації 11

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві 14

1.4 Недоліки існуючої системи управління 17

2 АНАЛІЗ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДІЛЯНКИ 19

2.1 Схема інформаційних потоків 19

2.2.1 Вимоги до системи в цілому 20

2.2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою 28

2.2.3 Вимоги до видів забезпечення 30

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 33

3.1 Аналіз діючих систем автоматизації, математичних моделей та алгоритмів управління 33

3.2 Вибір та обґрунтування функціональної структури автоматизованої системи управління 36

3.2.1 Визначення кількості рівнів автоматизованої системи управління 37

3.2.2 Опис розміщення КТЗ на об'єктах і виробничих площах з урахуванням виконання вимог експлуатації технічних засобів. 38

3.2.3 Обгрунтування вибору комплексу технічних засобів 39

3.2.4 SCADA-система AVEVA InTouch 55

3.3 Вибір математичної моделі 57

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ 63

4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління прохідною методичною піччю 63

4.2 Принципова електрична схема управління 66
4.3 Принципова електрична схема живлення контуру регулювання температури у робочому просторі печі 69
4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА 69
4.5 Зовнішній вид щита та вид на внутрішні панелі 70
4.6 Схема зовнішніх з'єднань 70
5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 72
5.1 Розрахунок параметрів наближеним методом 72
5.2 Розрахунок параметрів надійності з урахуванням режиму роботи елементів і впливом дестабілізуючих чинників (повний або уточнений розрахунок) 74
5.3 Розрахунок гарантійного терміну САР 77
6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 80
7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ 81
7.1 Організаційне забезпечення цеху гарячої прокатки тонкого листа 81
7.2 Режим роботи по цеху гарячої прокатки 82
7.3 Розрахунок техніко-економічної ефективності АСУ ТП 82
7.3.1 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ ТП 83
7.3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ ТП ... 84
7.3.3 Розрахунок собівартості продукції після впровадження АСУ ТП 85
7.3.4 Розрахунок показників економічної ефективності АСУ ТП 88
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 91
8.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих факторів 91
8.2 Електробезпека 95

8.3 Пожежна безпека. Техногенна безпека 96
8.4 Засоби індивідуального захисту 98
ВИСНОВКИ 99
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 100
ДОДАТОК А 102

ВСТУП

Методичні печі у металургії використовуються для нагріву металу перед прокаткою на листових і сортових станах. Методичні печі відносяться до печей безперервної дії. Метал в своєму русі послідовно проходить зони печі: методичну (не опалюється зона попереднього нагрівання); зварювальну, в якій здійснюється швидке нагрівання металу; і томильну, де відбувається вирівнювання температур по перетину заготовки.

Перевагами методичних нагрівальних печей є безперервний характер роботи і завдяки цьому відносно стабільний тепловий режим. Безперервний характер роботи методичних печей полегшує автоматичне регулювання теплового режиму.

Умови безпечної та надійної роботи методичної печі вимагають забезпечення заданої продуктивності, забезпечення якості нагріву, що задовольняє технологів за структурою і за механічними властивостями металу, за ступенем окалиноутворення і зневуглецювання, а також ефективного використання палива. Недотримання цих вимог може призвести до перевитрати палива та перегріву злитків.

За мету створення системи автоматизації методичної печі поставлено підвищення надійності та якості її роботи, які повинні підтримувати значення необхідних технологічних параметрів в допустимих межах, тим самим забезпечуючи якісну, ефективну та економічну роботу агрегатів, та їх взаємодія з прокатним станом.

Завдяки автоматизації можна досягнути забезпечення найбільш оптимального нагріву заготовок, запобігання непотрібних витрат палива, псування внутрішньої поверхні методичної печі необхідно здійснювати контроль і регулювання певних параметрів печі.

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

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи

Методична піч - це агрегат безперервної дії для нагріву металу перед його прокаткою або куванням. У даному проєкті розглядається штовхаюча 4-х зонна методична піч.

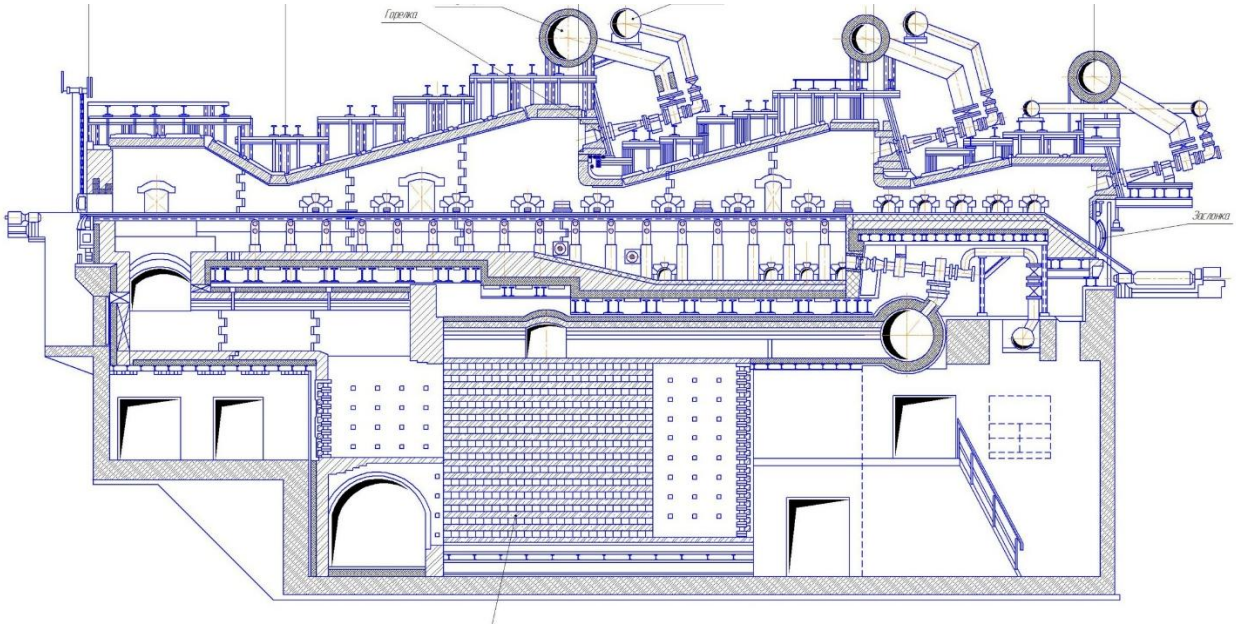


Рисунок 1.1 – Чотирьохзонна штовхаюча піч [1]

Методична зона (перша по ходу металу) характеризується температурою, яка змінюється по довжині. У цій зоні метал поступово підігрівається до надходження в зону високих температур (зварювальну) щоб уникнути виникнення надмірних термічних напруг. Тут здійснюється повільне нагрівання металу в інтервалі температур від 0 до 500 ºС , що особливо важливо для високоякісних легованих сталей. Разом з тим методична зона являє собою протиточний теплообмінник. Знаходячись в стані теплообміну димові гази і метал рухаються назустріч один одному. Метал нагрівається димовими газами, тобто утилізує тепло димових газів, що відходять із зон високих температур. Загальне падіння температури димових газів в методичній зоні досить значуще. Зазвичай в зоні високих температур

методичних печей температура газів тримається на рівні 1300-1400 ºС, наприкінці ж методичної зони вона знаходиться в межах 850-1100 ºС.

Наступні по ходу металу - зварювальні зони або зони високих температур. У цих зонах здійснюється швидке нагрівання поверхні заготовки до кінцевої температури. Для інтенсивного нагріву поверхні металу в зварювальних зонах необхідно забезпечувати температуру на 150-250 º С вище, ніж температура металу на виході з печі.

Томильна зона (зона витримки) - остання по ходу металу. Вона служить для вирівнювання температур по перетину металу. У зварювальних зонах до високих температур нагрівається тільки поверхню металу. У результаті створюється великий перепад температур по перетину металу, неприпустимий за технологічними вимогами . Температуру в томильній зоні підтримують всього на 30-50 ºС вище необхідної температури нагріву металу. Тому температура поверхні металу в томильній зоні не змінюється, а відбувається тільки вирівнювання температур по товщині заготовки.

Транспортування слябів в печі здійснюється штовхачем. Димовидалення здійснюється димососом.

Режим роботи - безперервний. Заготовки до печей подаються завантажувальним рольгангом і фіксуються в певному положенні перед піччю, а потім штовхачем заштовхуються до печі. Нагріті сляби видаються за допомогою машини безударної видачі з нижнім приводом [2].

Дана піч забезпечує нагрівання металу до температури 1050-1120 ºС для сталей типу 06-14 Г2САФБ , 1150-1250 ºС для конструкційних сталей типу сталь 15-40.

Шляхом зміни витрат палива і повітря на групу пальникових пристроїв забезпечується можливість управління потужністю і режимом спалювання палива в кожній опалювальної зоні печі. Опалення печей здійснюється природним газом за допомогою двопровідних пальників типу ДВБ з примусовою подачею газу і повітря.

Тиск газу перед піччю становить 10 кПа, перед пальниками - 3 кПа. Тиск повітря відповідно 4 і 2 кПа.

Максимальна витрата газу на піч - 17000 м3/год. Максимальна витрата повітря для спалювання палива - 190000 м3/год.

Повітря до печі подається за допомогою вентиляторів холодного дуття через металевий рекуператор, де воно підігрівається до 350-400 º С.

Продукти згоряння видаляються з робочого простору через розташований над піччю котел-утилізатор з вбудованим в нього рекуператором, і далі через димососи на димову трубу.

Ділянка печей повинна забезпечити нагрів металу (слябів) перед прокаткою від вихідного холодного стану до температур, обумовлених технологічними вимогами процесу прокатки, і поштучну видачу слябів на стан в моменти часу, що визначаються темпом роботи прокатного стану. У методичній печі нагріваються сляби з різних сталей і різних розмірів.

На нагрівання сляби надходять холодними . Температура нагріву слябів перед видачею з печі становить 1050-1100 º С.

Перепад температур по перетину нагрітого металу 20 ºС.

Тепловий режим печей регулюється відповідно до темпу прокатки і забезпечує рівномірний прогрів металу без оплавлення окалини.

Тиск у пічному просторі весь період нагріву металу підтримується позитивним у межах 4-5 Па [2].

1.2 Методична піч як об’єкт автоматизації

Методичні печі, які застосовуються для нагріву заготівок перед листопрокатними станами, найбільш поширені в металургійному виробництві.

У печах цього типу нагрівають зазвичай заготовки товщиною 60-400 мм, шириною 60-1850 мм і довжиною від 1000 до 12000 мм , маса яких становить від 50 до 40 000 кг.

Однією з основних особливостей методичних печей є протиточний рух газів і металу.

Нагрівальний метал штовхачем переміщається по водоохолоджувальним трубам. Паливо спалюється за допомогою пальників,

розташованих над і під поверхнею металу. Продукти згоряння двома потоками - верхнім і нижнім – рухаються уздовж робочого простору печі в напрямку, протилежному руху металу, тобто протитоком. Через димові канали продукти згоряння видаляються в борів і з нього через рекуператор і димову трубу в атмосферу. Нагрітий метал через вікно видачі потрапляє на рольганг і по ньому до стану.

Тепловий і температурний режими роботи методичних печей незмінні в часі. Разом з тим температура в методичних печах значно змінюється по довжині печі. Характер зміни температури, що залежить від необхідного графіка нагрівання металу, визначає як кількість і призначення зон печі, так і режим теплообміну в кожній з них. Холодний метал надходить у зону найбільш низьких температур і, просуваючись назустріч димовим газам, температура яких весь час підвищується, поступово (методично) нагрівається.

Перша (по ходу металу) зона має непостійну по довжині температуру і називається методичної зоною. Спалювання палива в цій зоні не проводиться. У ній метал поступово підігрівається до надходження в опалювальну зону високих температур (зварювальну зону).

Щоб уникнути виникнення надмірних термічних напруг необхідне повільне нагрівання масивних тіл в інтервалі температур від 0 до 500 °С. Поступовий нагрів металу в методичній зоні забезпечує таку швидкість нагріву, при якій не виникає неприпустимого перепаду температур по перетину заготовки.

Друга (по ходу металу) зона називається зоною високих температур або зварювальною зоною. Призначення цієї зони - швидке нагрівання поверхні заготовки до кінцевої температури, яка становить 1150 - 1250 °С. Для інтенсивного нагріву поверхні металу до цих температур в зварювальній зоні необхідно забезпечувати температуру на 150 - 250 ° С вище.

Третя (по ходу металу) томильна зона (зона витримки) служить для вирівнювання температури по перетину металу і ліквідації холодних плям на нижній поверхні заготовок. У зварювальній зоні до високих температур нагрівається тільки поверхня металу; температура середніх шарів металу

значно менше температури поверхні , тобто створюється перепад температур по перетину металу, неприпустимий за технологічними вимогами. У томильну зону метал надходить з цим перепадом температур по товщині. Температуру в томильній зоні підтримують всього на 50 - 70 °С вище необхідної кінцевої температури нагрівання металу. Тому температура поверхні металу в томильній зоні практично не змінюється і підтримується на досягнутому в зварювальної зоні рівні; відбувається тільки вирівнювання температури по товщині металу в умовах рівномірно розподіленого радіаційного режиму зовнішнього теплообміну.

При регулюванні тепловим режимом методичної печі температуру заготовок на виході з печі вибирають з урахуванням її впливу на умови нагріву металу, на прокатку і якість прокату: чим вище температура на виході з печі, тим, як правило, більше пластичність металу, менше зусилля і витрата електроенергії, що витрачаються на його деформацію при прокатці, менше знос і ризик пошкодження прокатного обладнання, тобто зі зростанням температури на виході з печі умови прокатки стають більш сприятливими. Необхідна за умовами прокатки температура на виході тим вище, чим нижче потужність приводу клітей прокатного стану, більше відстань від методичної печі до стану, та більше необхідне обтиснення.

Тепловий режим печі залежить від продуктивності, швидкості переміщення металу уздовж печі, так як методична піч працює в одній потокової лінії з прокатним станом і швидкість переміщення металу залежить від темпу прокатки , який протягом коротких відрізків часу може коливатися в широких межах аж до зупинок стана, коли швидкість переміщення металу стає рівною нулю.

Коливання швидкості руху металу призводять до зміни часу, за який заготовки проходять ту чи іншу ділянку печі, а отже, і до зміни кількості тепла, отриманого ними на цій ділянці, якщо температура в зоні залишається постійною. При уповільненні темпу прокатки і особливо при зупинках стану це призводить до перегріву металу аж до зварювання заготовок, до збільшення

чаду і витрати палива, а при збільшенні темпу - до недогріву металу, до зупинок стану в зв'язку з відсутністю нагрітого металу.

Таким чином, при змінній продуктивності методичної печі автоматична стабілізація температури в зонах не забезпечує необхідний нагрів металу. У цьому випадку система управління повинна визначити швидкість просування металу і при її зміні автоматично змінювати температурний режим печі таким чином, щоб забезпечити необхідний нагрів металу в кожній зоні. Системи, що реалізують таке управління, порівняно прості, і їх доцільно використовувати на всіх методичних печах.

Основним завданням є отримання металу із заданою температурою поверхні і допустимим за умовами прокатки перепадом температур по перетину. Виконати це при постійній продуктивності печі і однакових параметрах металу, що завантажується, неважко. Для цього достатньо стабілізувати температуру в зонах.

Однак методичні печі працюють в умовах, далеких від установлених: змінюється продуктивність печі, обумовлена роботою прокатного стану та сусідніх печей, змінюється температура, розміри, марка металу, що завантажується. Тому основним завданням управління процесом нагріву є вироблення такого температурного режиму печі , щоб весь час отримувати задану якість нагріву в умовах змінної продуктивності агрегату з урахуванням інших збурень. Керуючим впливом є витрата палива на зону, що визначає температуру в ній [3].

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві

Кожна теплова зона печі обладнана системою контролю і регулювання температури. Регулювання може здійснюватися автоматично за допомогою ПІ-регулятора, дистанційно з теплового щита, а на печах 1,2 і 4 - так само вручну за допомогою маховика виконавчого механізму (при виході з ладу автоматичного і дистанційного регулювання).

Як правило, нагрівальні печі повинні працювати на автоматичному управлінні. Перехід на ручне управління може бути дозволений тільки у виняткових випадках.

Локальна система автоматизації виконує функції вимірювання, контролю та регулювання параметрів. До локальної системи автоматичного контролю входить:

- температура робочого простору в зонах печі;
- тиск робочого простору печі;
- витрата палива до опалювальних зон;
- витрата повітря до опалювальних зон;
- температура димових газів до рекуператора;
- температура димових газів після рекуператора;
- температура підігрітого повітря.

До локальної системи автоматичного регулювання входить:

- температура в зонах печі;
- співвідношення газ-повітря в зонах;
- тиск в робочому просторі печі.

Прилади для вимірювання та регулювання температури в зонах печі включають термопару ТПР, вторинний прилад Диск - 250 (шкала 300 – 1600 ^{o}C; градуювання ПР) з вихідним сигналом 0 - 5 мА, задатчик РЗД - 22 (шкала 300 – 1600 ^{o}C) з вихідним сигналом 0 - 5 мА, регулятор МІК-21 з вхідними сигналами 0 - 5 мА, пускач тиристорний реверсивний ФЦ – 0620, виконавчий механізм МЕВ - 100/63 - 0.63, дистанційний покажчик положення виконавчого механізму ДУП, керуючі ключі ПМОФ та ПМОВ.

Регулювання може проводиться як в автоматичному режимі за допомогою регулятора МІК-21, так і ручному режимі за допомогою ключів керування.

Регулювання проводиться шляхом подачі або закриття змішаного газу в зону за допомогою дросельної заслінки, важіль дросельної заслінки жорстко пов'язаний з важелем виконавчого механізму.

Для виміру та регулювання тиску використовують наступні прилади: датчик Метран, вторинний прилад МТМ (шкала +8-0 -8; вхідний сигнал 0 - 5 мА), задатчик РЗД - 22 (шкала 300 – 1600 ^{0}С) з вихідним сигналом 0 - 5 мА, регулятор МІК-21 з вхідними сигналами 0 - 5 мА, пускач тиристорний реверсивний ФЦ – 0620, виконавчий механізм МЕВ - 630/63 - 0.63, дистанційний покажчик положення виконавчого механізму ДУП, керуючі ключі ПМОФ та ПМОВ.

Регулювання може проводиться як в автоматичному режимі за допомогою регулятора МІК-21, так і ручному режимі за допомогою ключів керування.

Регулювання проводиться шляхом відкриття або закриття димового шибера. Механізм переміщення шибера жорстко пов'язаний з виконавчим механізмом.

Для контролю витрати газу та повітря та регулювання витрати повітря встановлені на підвідних до печі газопроводі та повітряпроводі вимірювальні діафрагми і мембранний дифманометр типу ДМ, вторинний прилад Диск - 250 (шкала 300 – 1600 ^{o}С; градуювання ПР) з вихідним сигналом 0-5 мА, задатчик РЗД - 22 (шкала 300–1600 ^{o}С) з вихідним сигналом 0-5 мА, регулятор МІК-21 з вхідними сигналами 0 - 5 мА, пускач тиристорний реверсивний ФЦ–0620, виконавчий механізм МЕО-100/63-0.63, дистанційний покажчик положення виконавчого механізму ДУП, керуючі ключі ПМОФ та ПМОВ.

Регулювання може проводиться як в автоматичному режимі за допомогою регулятора МІК-21, так і ручному режимі за допомогою ключів керування.

Регулювання проводиться шляхом подачі або закриття підігрітого повітря в зону за допомогою дросельної заслінки, важіль дросельної заслінки жорстко пов'язаний з важелем виконавчого механізму.

Вимірюється температура підігріву повітря на виході з рекуператора за допомогою хромель-копелевої термопари, температура відхідних газів (до та після рекуператора) за допомогою хромель-алюмелевих термопар.

Для оповіщення персоналу про порушення в роботі і автоматичного відключення печі при виникненні аварійних ситуацій передбачається система звукової та світлової сигналізації і відключення газу та повітря на піч. Відсічення подачі газу і повітря до пальників здійснюється при падінні тиску одного з компонентів пальника і відключенні живлення приладів КВПіА.

Проаналізувавши існуючий рівень автоматизації можна зробити висновок, що ефективність діючої системи з кожним роком знижується. Це обумовлено застарілістю приладів, в яких з часом з’являється все більша похибка, яка значно зменшує ефективність системи. Для підвищення ефективності АСУ треба оновити технічні та програмні засоби.

1.4 Недоліки існуючої системи управління

Основним недоліком діючої системи управління є застарілі прилади, які вже багато років не змінювались і перевищили термін їх експлуатації. Це призводить до неточних вимірів технологічних параметрів, що, в свою чергу, сприяє величезним втратам палива.

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

Використання більш сучасного пристрою РМТ 29, який може обслуговувати до 15 сигналів є більш зручним. Крім графічного перегляду на дисплеї реєстратора, передбачена роздруківка даних у цифровому вигляді завдяки прямому підключенню принтера до приладу через порт USB або передачі всієї інформації на контролер через інтерфейс RS-485 або на ПК через інтерфейс RS-232.

Доцільним є використання блоку ручного управління БРУ-10, який включає в себе функції перемикача режимів ручний/автомат, ручного за датчика та покажчика положення виконавчого механізму.

Для більш точного виміру температури в зонах печі доцільно встановити сучасні термопари в жаростійкому чохлі, які на виході мають уніфікований сигнал 4-20 мА. Завдяки цьому можна позбавитись від термоперетворювачів, що значно підвищить надійність системи.

Для виміру надлишково тиску та перепаду тисків (витрати) доцільно встановити нові датчики мембранного типу Метран 150, які мало чуттєві до навколишньої середи. Це дозволяє їм мінімізувати відносну похибку в вимірюваннях параметра.

2 АНАЛІЗ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДІЛЯНКИ

2.1 Схема інформаційних потоків

Щоб визначити кількість та види матеріальних потоків, які супроводжують технологічний процес, та інформаційних потоків, які треба контролювати або формувати при управлінні технологічним процесом необхідно на основі розглянутих алгоритмів автоматичного регулювання технологічних параметрів скласти схему інформаційних потоків [3]. Схему інформаційних потоків наведено у додатку А.

Потоки інформаційних сигналів:

I1, I58 - Тиск у робочому просторі печі

I2, I59 - Витрата газу в I-у зварювальну зону

I3, I60 - Витрата газу в II-у зварювальну зону

I4, I61 - Витрата газу в нижню зону

I5, I62 - Витрата газу в томильну зону

I6, I63 - Витрата повітря в I-у зварювальну зону

I7, I64 - Витрата повітря в II-у зварювальну зону

I8, I65 - Витрата повітря в нижню зону

I9, I66 - Витрата повітря в томильну зону

I10, I67 - Температура робочого простору методичної зони

I11, I68 - Температура робочого простору I-ї зварювальної зони

I12, I69 - Температура робочого простору II-ї зварювальної зони

I13, I70 - Температура робочого простору нижньої зони

I14, I71 - Температура робочого простору томильної зони

I15, I72 - Температура підігрітого повітря на виході з рекуператора

I16, I73 - Температура димових газів до рекуператора

I17, I74 - Температура димових газів після рекуператора

I18, I19 - Обмін даними між графічними реєстраторами та модулями розподіленого вводу-виводу контролера Modicon M580

I77, I78 - Обмін даними між модулями розподіленого вводу-виводу та контролером Modicon M580

I79 – Обмін даними між основним та резервним контролерами

I80 – Обмін даними між АРМ диспетчера прокатного стану, АРМ диспетчера відділу методичних печей, АРМ оператора методичних печей, АРМ начальника цеху та сервером через комутатор

Потоки регулюючих сигналів:

U1, U28 - Витрата газу в I-у зварювальну зону

U2, U29 - Витрата газу в II-у зварювальну зону

U3, U30 - Витрата газу в нижню зону

U4, U31 - Витрата газу в томильну зону

U5, U32 - Витрата повітря в I-у зварювальну зону

U6, U33 - Витрата повітря в II-у зварювальну зону

U7, U34 - Витрата повітря в нижню зону

U8, U35 - Витрата повітря в томильну зону

U9, U36 - Величина тяги

2.2 Технічне завдання до системи автоматизації

2.2.1 Вимоги до системи в цілому

Вимоги до структури та функціонування системи

Вимоги до структури та функціонування системи АСУТП повинна відповідати ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення [4].

Система повинна складатися з трьох рівнів:

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

На локальному рівні необхідне виконання наступних завдань:

- перетворення вимірюваних параметрів в електричний сигнал;
- управління виконавчими пристроями;

- реалізація блокувань і аварійного захисту;

- погодження сигналів від датчиків з входами в ПЗО.

При аварійних ситуаціях має спрацьовувати світлова та звукова сигналізація.

Завдання на рівні підсистемного виробництва:

- збір та обробка інформації яка надходить від технологічної системи;

- періодичне опитування датчиків стану;

- прийом та передача інформації від інших систем;

- виявлення відхилень технологічних параметрів від регламентуючих значень;

- реалізація завдань програмно-логічного управління технологічним процесом.

Частота опитування датчиків температури, витрати та тиску становить 5 секунд.

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

Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу

Відповідно до ролі, яку виконує персонал в процесі функціонування системи, він ділиться на 2 основні категорії: оперативний (технологічний) персонал і експлуатаційний (обслуговуючий) персонал. Оперативний персонал повинен складатися з:

- 1 начальника зміни;

- 2 технолога;

- 1 начальник цеху.

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

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

Вимоги до надійності

Довговічність системи складає 8 років. Кожна функціональна підсистема повинна відповідати вимогам надійності згідно РД-50-650-87. Показники надійності системи повинні відповідати вимогам ГОСТ 24.701-86 ЕСС АСУ "Надійність автоматизованих систем управління. Основні положення". Час напрацювання на відмову складає 2 роки. Система повинна зберігати працездатність і забезпечувати відновлення своїх функцій при виникненні наступних позаштатних ситуацій:

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

Вимоги до безпеки

Вся обчислювальна техніка повинна відповідати до ГОСТ 21552-84 "Засоби обчислювальної техніки. Загальні технічні вимоги, правила приймання, методи випробувань, маркування, упаковка, транспортування і зберігання". При експлуатації електротехнічних виробів повинні бути передбачені засоби шумозахисту і віброзахисту, що забезпечують обмежені рівні шуму і вібрації на робочих місцях відповідно до затверджених

санітарними нормами. Допустимі значення шумових і вібраційних характеристик електротехнічних виробів повинні бути встановлені в стандартах і технічних умовах на вироби конкретних видів і не повинні перевищувати значень, зазначених у нормативних документах. Вироби, які є джерелом теплового, оптичного, рентгенівського випромінювання, а також ультразвуку, повинні бути обладнані засобами для обмеження інтенсивності цих випромінювань і ультразвуку до припустимих значень. При необхідності вироби повинні бути обладнані сигналізацією, написами і табличками.

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

- розробку шумобезпечної техніки;
- застосування засобів і методів колективного захисту;
- застосування засобів індивідуального захисту.

Частота вібрації повинна бути не більше 25 Гц при амплітуді зміщень не більше 0.1 мм. При вказанні перевищення більше 12 дБ забороняється проводити роботи і застосовувати машини, генеруючі таку вібрацію. Основним засобом забезпечення вібробезпеки має бути створення і застосування вібробезпечних машин. Створення вібробезпечних машин повинно забезпечуватися застосуванням методів, що знижують вібрацію в джерелі збудження. Мають бути зафіксовані робочі місця, на яких робітники можуть піддаватися впливу вібрації.

Технічні засоби АСУТП повинні відповідати вимогам "Правил будови електроустановок". Всі зовнішні елементи технічних засобів АСУТП, що знаходяться під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику людини, а самі технічні засоби мати захисне заземлення. У приміщеннях управління повинні бути передбачені автономні контури заземлення, не пов'язані гальванічно з контурами заземлення інших виробничих приміщень, а так само з нейтраллю трифазної мережі.

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

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

У штатному режимі роботи програмно-технічні засоби (ПТЗ) системи повинні функціонувати в автоматизованому режимі і не вимагати обслуговування. ПТЗ повинні підлягати періодичному регламентному обслуговуванню і, у разі їх виходу з ладу, ремонтним роботам із заміною несправних модулів відповідними модулями зі складу запасних інструментів та приладів (ЗІП), щодо чого має бути зроблений відповідний запис у формулярі на систему.

Первинне відновлення ПТЗ має здійснюватися шляхом заміни зіпсованих пристроїв і модулів на справні з комплекту ЗІП. Повторне відновлення зіпсованих пристроїв і модулів (ремонт) повинно вироблятися в технічно і економічно обумовлених випадках замовником.

Відновлення ЗІП необхідно здійснювати відповідно до регламенту на технічне обслуговування устаткування і систем.

Для забезпечення технічного обслуговування ПТЗ повинен передбачатися: ЗІП ремонтний, до складу якого повинні входити запасні блоки, модулі, недовговічні комплектуючі вироби (запобіжники, сигнальні лампочки, тощо). Модулі вводу-виводу контролера повинні мати 10% резерв по входах / виходах.

Комплектність і справність готівкового ЗІП повинні підтримуватися в перебігу усього часу експлуатації системи. Умови зберігання повинні забезпечувати виконання вимог на зберігання ЗІП по кожному виду обладнання.

Технічні засоби повинні знаходиться в приміщення де: температура навколишнього повітря (20±5)°С; відносна вологість навколишнього повітря

(60 ± 15) %; атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (680-800 мм.рт.ст.); запиленість повітря в приміщенні - не більше 1мг/куб. м при розмірі часток не більше 3 мкм; напруженість зовнішнього електричного поля повинна бути не більше 0.3V/m; напруженість зовнішнього магнітного поля повинна бути не більше 5.0А/м; частота вібрації повинна бути не більше 25 Гц при амплітуді зміщень не більше 0.1 мм.

Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

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

Вимоги до збереження інформації при аваріях

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

Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Технічні засоби знаходяться в жорстких умовах металургійного підприємства, де на них може відбуватися механічний та тепловий вплив, тому було обрано прилади, які зможуть функціонувати в цих умовах. Ступінь їх захисту наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Ступінь захисту технічних засобів

Назва технічного засобу	Позначення		Степінь захисту
Термопара	ТПР-1788		IP-65
	ТХА-0188		IP-00
	ТХК-2088		IP-55
Датчик тиску	Метран 150 CG		IP-66
	Метран 150 CD		IP-66
Виконавчий механізм	МЕО-100/25		IP-54
Пускач	БіСТАРТ-Р		IP-20
Блок ручного управління	БРУ-10		IP-30
Графічний відео реєстратор	РМТ 29/М1	лицьова панель	IP-65
		корпус	IP-20
Робоча станція	SmartStruxure Ware Building Operation		IP-65
Промисловий контролер	Modicon M580		IP-20
Блок живлення датчиків тиску	БП-906/24-8		IP-67
Джерело безперервного живлення контролера	APC DIN Rail Industrial Panel UPS		IP-67
Джерело безперервного живлення АРМ	Powercom PTM-850		IP-67
Щит КВПіА	ЩПК		IP-55
Шафа управління	Я5000		IP-54

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

В приміщені зі щитами встановлюються елементи обігріву або охолодження й проводиться заземлення обладнання.

Вимоги по стандартизації та уніфікації

Взаємодія користувачів з прикладним програмним забезпеченням, що входить до складу системи має здійснюватися за допомогою візуального графічного інтерфейсу. Інтерфейс системи повинен бути зрозумілим і зручним, не повинен бути перевантажений графічними елементами і повинен забезпечувати швидке відображення екранних форм. Навігаційні елементи повинні бути виконані в зручній для користувача формі. Засоби редагування інформації повинні задовольняти прийнятим угодам у частині використання функціональних клавіш, режимів роботи, пошуку, використання віконної системи. Введення-виведення даних системи, прийом керуючих команд і відображення результатів їх виконання повинні виконуватися в інтерактивному режимі. Інтерфейс повинен відповідати сучасним ергономічним вимогам і забезпечувати зручний доступ до основних функцій та операцій системи.

Інтерфейс повинен бути розрахований на переважне використання маніпулятора типу «миша», тобто управління системою має здійснюється за допомогою набору екранних меню, кнопок, значків і т. п. елементів. Клавіатурний режим введення повинен використовується головним чином при заповненні та / або редагуванні текстових і числових полів екранних форм. Всі написи екранних форм, а також повідомлення, що видаються користувачеві (крім системних повідомлень) повинні бути російською мовою.

Екранні форми повинні проектуватися з урахуванням вимог уніфікації:

- всі екранні форми користувальницького інтерфейсу повинні бути виконані в єдиному графічному дизайні, з однаковим розташуванням основних елементів керування та навігації;

- для позначення подібних операцій повинні використовуватися подібні графічні значки, кнопки та інші керуючі (навігаційні) елементи. Терміни, що використовуються для позначення типових операцій (Додавання інформаційної суті, редагування поля даних), а також послідовності дій користувача при їх виконанні, мають бути уніфіковані;

- зовнішня поведінка подібних елементів інтерфейсу (реакція на наведення покажчика «миші», перемикання фокусу, натискання кнопки) повинні реалізовуватися однаково для однотипних елементів.

2.2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою

Вимоги до функцій, які виконуються системою, наведені у табл. 2.2-2.3 [5].

Таблиця 2.2 - Інформаційні функції системи

Найменування параметра	Діапазон вимірювання	Спосіб отримання інформації	Місце та форма подання інформації
Методична піч №1			
Температура робочого простору методичної зони	15ºС -1030ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Температура робочого простору в I зварювальній зоні	1240ºС - 1300ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Температура робочого простору в II зварювальній зоні	1240 ºС - 1320 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Температура робочого простору в нижній зоні	1050ºС- 1200ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Температура робочого простору в томилній зоні	1240ºС - 1290 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Тиск в робочому просторі печі	4-5 Па	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Температура димових газів на виході з печі	930ºС - 1000 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Температура димових газів після рекуператора	700ºС – 930 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Температура підігрітого повітря	350ºС - 600 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.

Витрата палива до І-ї зварювальної зони	150- 170 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Витрата палива до ІІ-ї зварювальної зони	160- 190 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Витрата палива до нижньої зони	630- 690 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Витрата палива до томильної зони	200- 250 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Витрата повітря до І-ї зварювальної зони	1580- 1620 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Витрата повітря до ІІ-ї зварювальної зони	1600- 1650 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Витрата повітря до нижньої зони	5830- 5920 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.
Витрата повітря до томильної зони	1950- 2150 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора на щиті. Реєстрація.

Таблиця 2.3 - Функції регулювання

Найменування функції	Кількість однотипних функцій	Діапазон значення	Вид системи	Місце розташування об’єкту керування	Вимоги похибки
Витрата газу в І-у зварювальну зону	1	3000- 4500$м^3$/год	Стабілізуюча	Трубопровід газу	1%
Витрата газу в ІІ-у зварювальну зону	1	3000- 4500$м^3$/год	Стабілізуюча	Трубопровід газу	1%
Витрата газу в нижню зону	1	3000- 4500$м^3$/год	Стабілізуюча	Трубопровід газу	1%
Витрата газу в томильну зону	1	3000- 4500$м^3$/год	Стабілізуюча	Трубопровід газу	1%
Розмір тяги	1	4-5 Па	Стабілізуюча	Димовідвід	1%

Витрата повітря в І-у зварювальну зону	1	35000-40000м^3/год	Стабілізуюча	Трубопровід повітря	2%
Витрата повітря в ІІ-у зварювальну зону	1	35000-40000м^3/год	Стабілізуюча	Трубопровід повітря	2%
Витрата повітря в нижню зону	1	35000-40000м^3/год	Стабілізуюча	Трубопровід повітря	2%
Витрата повітря в томильну зону	1	35000-40000м^3/год	Стабілізуюча	Трубопровід повітря	2%

2.2.3 Вимоги до видів забезпечення

Вимоги до інформаційного забезпечення

Для обміну інформацією в рамках розподіленої системи повинна бути створена база даних, що забезпечує доступ до даних з локальних елементів мережі. Для зручності роботи технологів-операторів з великими об'ємами різноманітної інформації і для вироблення відповідних стереотипів взаємодії з системою автоматизації інформаційне забезпечення системи повинно бути структуроване і мати ієрархічну організацію. Повинні бути передбачені такі стандартні операційні панелі: загального огляду, мнемосхеми, групи приладів, панелі налаштування, панелі сигналів тривоги, панелі реєстрації ходу процесу (тренди). Всі категорії даних інформаційного забезпечення СПЗ (системи протиаварійного захисту) не повинні губитися при аваріях електроживлення та відмові блоків і модулів системи ПАЗ. Всі константи, які налаштовуються, інформація прив'язки, алгоритми вирішення завдань і тексти програм повинні зберігатися на дублюючих носіях і оновлюватися при внесенні змін в систему. Для кодування інформації повинні бути використані класифікатори (коди) прийняті замовником і які відповідають вимогам однозначності, простоти і можливості розширення.

Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Зважаючи на відсутність вітчизняних нормативних документів, в якості їх прототипу необхідно використовувати розроблений Міжнародної

Електротехнічній Комісією (МЕК) стандарт IEC 61131-3, що регламентує повноту і синтаксис мов технологічного програмування. Все прикладне програмне забезпечення системи для організації взаємодії з користувачем повинно використовувати російську мову. Вся інформація в АСУТП повинна бути представлена у вигляді понять і визначень властивих металургійної галузі.

Вимоги до програмного забезпечення

При проектуванні та розробці системи необхідно максимально ефективним чином використовувати раніше закуплене програмне забезпечення, як серверне, так і для робочих станцій.

Використовуване при розробці програмне забезпечення та бібліотеки програмних кодів повинні мати широке поширення, бути загальнодоступними і використовуватися в промислових масштабах. Базовою програмною платформою повинна бути операційна система Windows XP або Windows 7.

У якості показуючи приладів використовуються РМТ 29. Його робота відбувається під управління ОС Linux.

Програмування контролерів Modicon M580 може здійснюватися за допомогою інструментальної системи програмування Unity Pro або Concept.

Вимоги до технічного забезпечення

Для забезпечення роботи системи необхідні різноманітні технічні засоби від первинних перетворювачів до ЕОМ. У даній системі використовуються різні первинні перетворювачі для виміру температури, тиску, витрати з уніфікованим вихідним сигналом по струму 0 - 20мА. Всі технічні засоби працюють з уніфікованими сигналами по струму і напрузі.

Вимоги до метрологічного забезпечення

Клас точності приладів повинен бути не більше 3%. Усі технічні засоби повинні проходити держ. повірку і регулярно обслуговуватися метрологічною службою. Метрологічне забезпечення вимірювальних систем повинне

відповідати ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення. Значення контрольованих параметрів (технологічного процесу, технологічного обладнання) повинні бути виражені відповідно до ДСТУ OIML D 2:2007 Узаконені одиниці вимірювань. Усі методики вимірювання, використовувані у сфері державного метрологічного контролю і нагляду, повинні бути атестовані. Для технічних засобів, що беруть участь в процесі вимірювання контрольованих параметрів повинні бути забезпечені відповідні умови експлуатації (температура, вологість). Повинен бути забезпечений контроль умов їх експлуатації в приміщеннях управління [5].

Вимоги до організаційного забезпечення

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

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

До роботи з системою повинні допускатися співробітники, що мають навички роботи на персональному комп'ютері, ознайомлені з правилами експлуатації і пройшли навчання роботі з системою [6].

Вимоги до патентної чистоти

Система, її складові частини і прийняті при розробці проектні рішення повинні володіти патентною чистотою відносно держави Україна.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Аналіз діючих систем автоматизації, математичних моделей та алгоритмів управління

Нагрівальні печі прокатного виробництва призначені для нагріву злитків перед прокаткою на обжимних станах і заготовок (слябів і блюмів) - перед листовими і сортовими станами.

Будучи початковою ланкою технологічної лінії прокатного виробництва, нагрівальні печі у своїй роботі тісно пов'язані з ритмом роботи прокатного обладнання, і разом з цим зберігають особливості, властиві всім теплотехнічним агрегатам. Основний час печі працюють в перехідних режимах, викликаних зміною сортаменту, марки заготовок, які нагріваються, і темпу їх видачі. У прокатному виробництві для нагріву металу перед прокаткою використовуються в основному три види нагрівальних печей: нагрівальні колодязі, методичні та секційні печі.

Система автоматичного регулювання (САР) методичної печі призначена для:

- регулювання температури в робочому просторі печі по зонах;
- регулювання тиску в робочому просторі печі;
- регулювання співвідношення природний газ - повітря.

Підсистема регулювання температури функціонує для кожної зони печі і включає два перетворювача температури: для першої зони - хромель-алюмелеві перетворювачі ТХА Метран-201, для інших шести зон - платинородій-платинові перетворювачі ТПП Метран-211. Розглянемо дану підсистему на прикладі першої зони. Сигнали з датчиків температури у вигляді т.е.д.с. надходять на блок перетворення сигналів термопар БПТ-22, де перетворюються на стандартний струмовий сигнал 4-20 мА. Перетворені сигнали надходять на входи контролера Siemens Simatic S7-400 (далі контролер) В1, В2, а також на входи індикаторів технологічних мікропроцесорних ІТМ-11.

У підсистему включений витратомір Метран-350, який за допомогою сенсорів Annubar 485 здійснюють вимірювання витрати природного газу в зоні печі. До складу даного витратоміра входять також датчики вимірювання температури і тиску. Сигнал з датчика-витратоміра, пропорційний витраті газу в зоні і скоригований по тиску і температурі для реальних умов, надходить на вхід контролера В3.

За допомогою перемикача здійснюється вибір режиму управління «локальне/ЕОМ». Перемикання між режимами «автомат/ручне» проводиться за допомогою блоку ручного управління БРУ-32.

Температура зони печі, що надійшла на вхід контролера, порівнюється із заданою величиною. Програма, прошита в контролері, видає регулюючий вплив, який з його виходу В01 подається через БРУ-32 на пускач ПБР-2М, а потім на електричний виконавчий механізм МЕО при регулюючому клапані на зональному газопроводі.

Витрата повітря на зону вимірюється аналогічно витраті газу, описаному вище. Вимірювання здійснюється за допомогою витратоміра Метран-305 за допомогою його сенсорів Annubar 485. Скоригований для реальних умов по температурі і тиску сигнал з датчиків надходить на вхід контролера В6.

Вибір режимів роботи системи аналогічно здійснюється за допомогою перемикачів ПКл1, режимів управління - за допомогою БРУ-32.

На підставі значення величини витрати газу і коефіцієнта витрати повітря, з виходу контролера В02 видається регулюючий вплив, який через БРУ-32 і ПБР-2М подається на МЕО при регулюючому дроселі зонального повітряпровода. Залежно від обраного режиму «локальне/ЕОМ», значення коефіцієнта витрати повітря задається за допомогою задатчика БРЗ-7І або розраховується програмно на підставі інформації про параметри нагрівається металу, температур в зонах, складі палива, температур палива і повітря.

Якість спалювання палива відстежується за допомогою універсальних промислових газоаналізаторів LDS 6 фірми Siemens, стандартний струмовий сигнал 4-20 mA з яких подається на входи контролера В57, В58 і на вторинний прилад ІТМ-11. Датчики встановлені на вході в димовій тракт для контролю

спалювання палива в першій і другій, третій зонах, і в п'ятій зоні для контролю спалювання палива в четвертій, п'ятій і шостій, сьомій зонах.

На підставі інформації, отриманої з газоаналізаторів, проводиться корекція коефіцієнта витрати повітря.

Тиск в печі вимірюється за допомогою інтелектуального датчика тиску Метран-100-ДІ, сигнал з якого надходить на вхід контролера В59, де порівнюється із заданою величиною. Програма, прошита в контролері, видає регулюючий вплив, який з його виходу В023 подається через БРУ-32 на пускач ПБР-2М, а потім на електричний багатооборотний виконавчий механізм МЕО при димовому регулюючому клапані на димовому тракті.

Вибір режимів управління здійснюється аналогічно описаному вище. При локальному управлінні завдання подається на вхід контролера В61 з задатчика БРЗ-7І.

Також використовується математична модель нагріву заготовок квадратного або прямокутного розтину у методичній нагрівальної печі в перехідному режимі, коли в печі одночасно нагріваються дві партії заготовок різного поперечного перерізу, які рухаються одна за одною. Математичне моделювання дає можливість визначити температурний режим по довжині печі, що забезпечує отримання значень параметрів, що відповідають прийнятій технології нагріву для двох партій заготовок, які відрізняються як за поперечним перерізом, так і за складом.

Таким чином, сукупність розглянутих підсистем регулювання повинна забезпечувати необхідні за умовами прокатки значення температури поверхні металу і перепаду температур по перетину заготовки на виході з печі при узгодженні темпу роботи прокатного стану і мінімальних витратах.

3.2 Вибір та обґрунтування функціональної структури автоматизованої системи управління

Створенню автоматизованої системи управління технологічним процесом сприяє вирішення ряду поставлених цілей як по нагріву металу у методичних печах, так і по прокатці металу на прокатному стані.

Автоматизована система управління створюється для досягнення наступних цілей:

- забезпечення заданої продуктивності;

- забезпечення якості нагріву, що задовольняє технологів за структурою і за механічними властивостями металу, за ступенем окалиноутворення і зневуглецювання;

- високу рівномірність і стандартність нагрівання виробів на основі управління процесами руху газів і спалювання палива;

- мінімальні втрати теплоти на розігрів футерування і через елементи конструкції печей в довкілля шляхом використання вогнетривких і теплоізоляційних волокнистих виробів;

- малоокислювальний режим нагріву зі зниженням втрат металу в окалину до 0,5 % маси виробів які нагріваються.

- ефективне використання палива, характеристикою якого служить питома витрата енергії на одиницю продукції в кг умовного палива на 1 тонну продукції;

- відповідність екологічним нормам по гранично допустимому викиду в атмосферу пилу і шкідливих газів: CO , CO2 , NOx , SO2 , C20H12 та інших вуглеводнів;

- механізація праці при експлуатації та ремонті печі та автоматизація її теплового режиму.

Автоматизована система управління вирішує такі завдання:

- забезпечення технологічного персоналу оперативною інформацією про хід технологічного процесу;

- підвищення якості оперативного управління процесом і технологічним обладнанням за рахунок отримання своєчасної та об'єктивної інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання;

- формування та подання попереджувальних аварійних повідомлень;

- діагностику технічних засобів і стану технологічного обладнання;

- візуалізацію параметрів технологічного процесу, висновок діагностичних повідомлень;

- введення даних в діалоговому режимі з контролем введеної інформації на достовірність;

- управління польовими пристроями (запірною та регулюючою арматурою) у ручному та автоматичному режимі.

Окрім цього на верхньому рівні повинно проводитися архівування необхідної інформації та видача звітних документів.

3.2.1 Визначення кількості рівнів автоматизованої системи управління

У відповідності з обсягом і складністю комплексу реалізованих функцій, а також підвищеними вимогами до надійності систем управління обладнанням, структурна схема системи автоматизації повинна являти собою багаторівневу ієрархічну структуру з розподіленими функціями контролю і управління.

Система управління повинна мати такі рівні управління виробництвом:

- польовий рівень – включає контрольно-вимірювальні прилади, датчики, технічні засоби, що виконують функції автоматичних блокувань і захистів, комутації керуючих сигналів на виконавчі механізми та ручного управління обладнанням, місцеві панелі управління по робочому проекту КВПіА;

- промисловий рівень – реалізується на базі індустріальних контролерів і виконує функції управління технологічним процесом і обладнанням;

- верхній рівень – реалізується на базі індустріальних персональних комп'ютерів і операторних панелей, що виконують функції візуалізації технологічного процесу та іншої необхідної інформації, прийому, передачі та

обробки виробничої та техніко-економічної інформації, що надходить від усіх підсистем [7].

Система управління забезпечує автоматичний, ручний дистанційний (пооперaційний) режим роботи автоматизованого робочого місця оператора.

3.2.2 Опис розміщення КТЗ на об'єктах і виробничих площах з урахуванням виконання вимог експлуатації технічних засобів.

До основних технічних величин які необхідно вимірювати належать:

- температура робочого простору в зонах печі;
- тиск робочого простору печі;
- витрата палива до опалювальних зон;
- витрата повітря до опалювальних зон;
- температура димових газів до рекуператора;
- температура димових газів після рекуператора;
- температура підігрітого повітря;

Для вимірювання температури в зонах печі у кожній зоні по ширині печі встановлено платино-родієві термопари (в опалювальних зонах), та хромель-алюмелієву термопару (в методичній зоні), електрорушійна сила (ЕРС) яких подається на потенціометр через перемикач.

В томильній зоні, в першій і в другій зварювальних зонах термопари встановлені в склепінні, а в нижній зоні - в бічних стінах.

При установці в продольних стінах, термопари в захисних (карбофраксових) чохлах через спеціальну цеглу заглиблюються в робочий простір печі на 100 мм від внутрішньої поверхні стін.

Сводові термопари заглублюються через сводову цеглу в робочий простір печі на 100 мм від внутрішньої поверхні склепіння.

Температура димових газів до та після рекуператора вимірюється за допомогою хромель-алюмелеві термопар.

Температура підігрітого повітря на виході з рекуператора вимірюється за допомогою хромель-копелевої термопари.

Відбір надлишкового тиски відбувається в томильній зоні трубою, введеною через склепіння. Далі сигнал надходить до датчику надлишкового тиску мембранного типу.

Для контролю витрати газу на кожній печі встановлені на підвідному до печі газопроводі вимірювальна діафрагма і мембранний дифманометр.

Для контролю витрати повітря на кожній печі встановлені на підвідному до печі повітряпроводі вимірювальна діафрагма і мембранний дифманометр.

Під час розробки проекту ПТК ЗА було обрано датчики температури нового покоління, з високим ступенем захисту, які є досить стійкими до корозії, тому їх розміщення за місцем виміру технологічного параметру не завдасть шкоди. Крім цього, виконавчі механізми також розміщуються за місцем.

Для виміру надлишкового тиску та витрат палива та повітря були обрані сучасні датчики Метран 150, які мають ступінь захисту IP-66. Для підсилення керуючого сигналу були обрані пускачі БіСТАРТ-Р, які мають ступінь захисту IP-20. Датчики тисків а пускачі розташовані в місцевих шафах у безпосередній близькості з об’єктом.

Показуючі графічні відеореєстратори, вузли розподіленої системи вводу-виводу DIO, робочі станції, блоки ручного управління та інше допоміжне обладнання розташовується на щитах управління роботою методичних печей ЩПК, які мають ступінь захисту IP-55. В свою чергу щит встановлюється на безпечній від агрегату відстані, забезпечуючи вільний доступ, але він не повинен перешкоджати проходу.

Контролер розташований в шафі управління, яка має ступінь захисту IP-54 , яка знаходиться в сусідньому приміщенні.

3.2.3 Обгрунтування вибору комплексу технічних засобів

Датчики температури

Вибір датчиків технологічних параметрів здійснюється згідно стандартам і вимогам підприємства з урахуванням ряду факторів метрологічного і режимного характеру, найбільш суттєві з яких наступні:

відстань на яку може бути передана інформація яка знімається з датчиків, граничне значення вимірюваної величини, допустима до СА похибка, вплив зовнішніх факторів навколишнього середовища.

При виборі термопари в системі автоматичного регулювання температури необхідно врахувати що верхня межа вимірювань складає 1350 ^{0}C, з допустимою похибкою 1%. Середній термін служби при номінальній температурі не менше 2 років.

Згідно з наведеними умовами для контролю температури обраний контактний термоелектричний метод, а в якості датчика - термоперетворювач ТПР-1788, який відповідає всім вищевказаних вимогам. Діапазон вимірюваної температури становить 600-1600^{o}C. Похибка - 4,5 ^{o}C. Клас точності – 2.

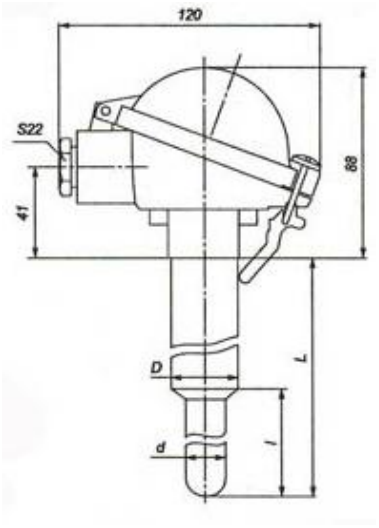


Рисунок 3.1 – Схема термопари ТПР [8]

При виборі термопари для автоматичного контролю температури робочого простору методичної зони, температури димових газів до та після рекуператора та температури підігрітого повітря необхідно врахувати верхню межу вимірювання, яка для температури робочого простору методичної зони складає 1100 ^{0}C, для температури димових газів 930 ^{0}C, для температури підігрітого повітря 600 ^{0}C. Допустима похибка 1%. Середній термін служби при номінальній температурі не менше 2 років.

Згідно з наведеними умовами для контролю температури робочого простору методичної зони та температури димових газів до та після рекуператора обраний контактний термоелектричний метод, а в якості датчика

- термоперетворювач ТХА-0188, який відповідає всім вищевказаних вимогам. Діапазон вимірюваної температури становить -40–1000 ^{0}С. Похибка - 4,5 ^{0}С. Клас точності – 2.

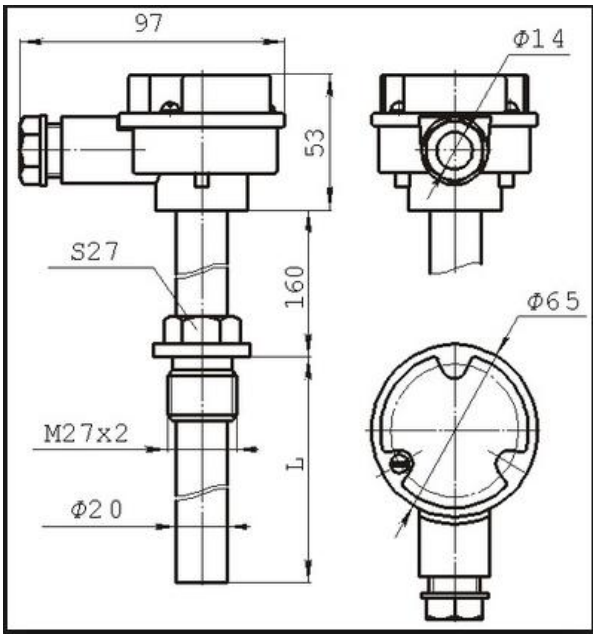


Рисунок 3.2 – Схема термопари ТХА [8]

Для контролю температури підігрітого повітря обраний контактний термоелектричний метод, а в якості датчика - термоперетворювач ТХК-2088, який відповідає всім вищевказаних вимогам. Діапазон вимірюваної температури становить -40–600 ^{0}С. Похибка - 4,5 ^{o}С. Клас точності – 2.

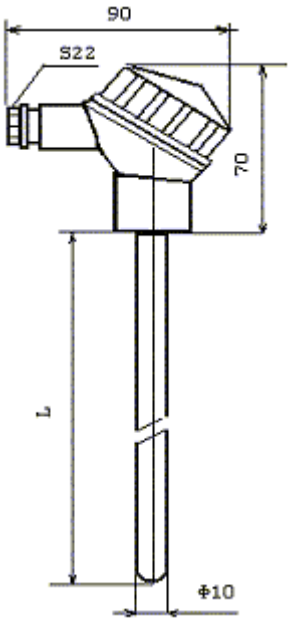


Рисунок 3.3 – Схема термопари ТХК [8]

Датчики тисків

При виборі датчика для автоматичного контролю тиску робочого простору печі, треба враховувати, він повинен забезпечувати безперервне перетворення значення надлишкового тиску.

При виборі датчика для автоматичного контролю витрати палива та повітря, треба враховувати, він повинен забезпечувати безперервне перетворення значення різниці тисків.

Згідно з наведеними умовами для контролю надлишкового тиску був обраний датчик тиску серії Метран 150CG.

Для контролю витрати палива та повітря був обраний датчик різниці тисків Метран 150CD.

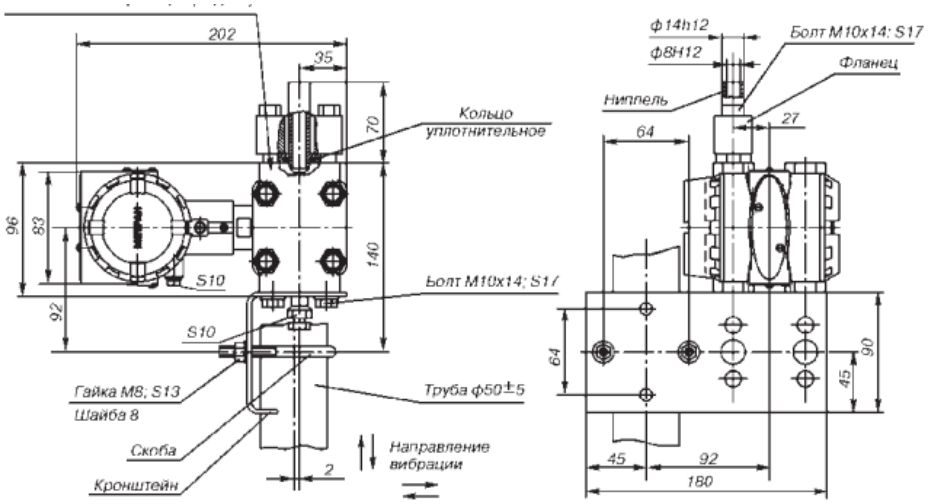


Рисунок 3.4 – Метран 150 [9]

Графічний відео реєстратор РМТ 29/М1

У якості вторинного реєструючого приладу були обрані графічні відереєстратори РМТ 29/М1 які обслуговуватимуть всю систему автоматизації ділянки методичних печей. Вони являють собою більш зручний спосіб експлуатації ніж застарілі самописці Диск 250. Крім графічного перегляду на дисплеї реєстратора передбачений роздрук даних у цифровому вигляді завдяки прямому підключенню принтера до приладу через порт USB або передачі всієї інформації на ПК.



Рисунок 3.5 – Реєстратор багатоканальний РМТ 29/М1 [10]

РМТ 29 призначені для вимірювання, регулювання та реєстрації температури та інших неелектричних величин (частоти, тиску, витрат, рівня й інших), перетворених в електричні сигнали сили, напруги постійного струму і активний опір постійному струму. Прилади використовуються в різних технологічних процесах в енергетиці, харчовій, хімічній та інших галузях промисловості.

РМТ 29 є мікропроцесорним приладом із функцією переконфігурування споживачем, з паралельною обробкою сигналів по всіх вимірювальних каналах; можливе формування до 90 логічних каналів, кожен з яких може відображатися на моніторі РМТ 29, брати участь у розрахунку значень інших логічних каналів та управлінні виходами, реєструватися в пам'яті РМТ 29.

РМТ 29 має гнучку модульну структуру (4 слоти) і може комплектуватися вхідними, вихідними і інтерфейсними платами (модулями) за вибором замовника.

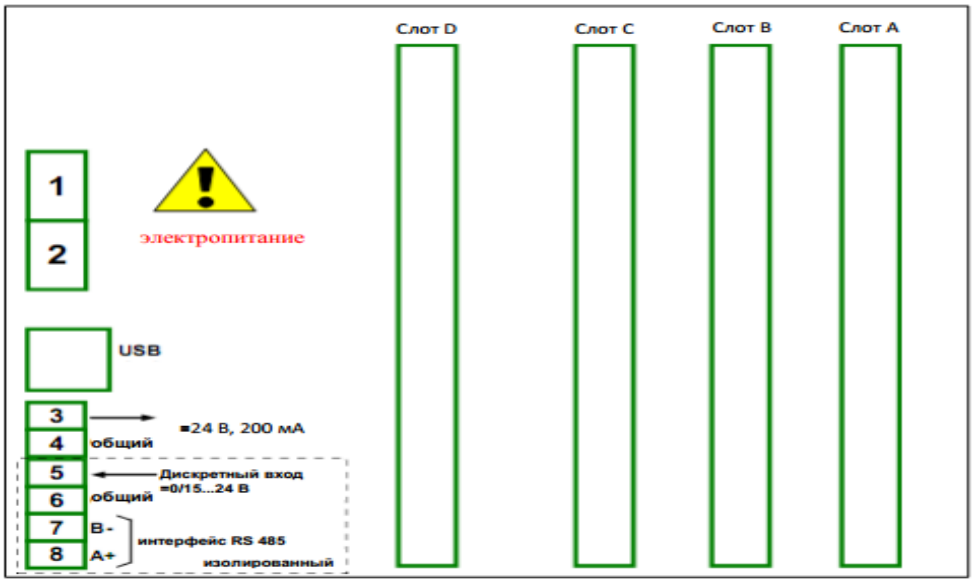


Рисунок 3.6 – Слоти РМТ 29

У базовій модифікації пристрій містить:

- модуль живлення, що має в своєму складі мережевий перетворювач, USB-порт, дискретний вхід, стабілізований джерело живлення (= 24 В, 200 мА), інтерфейс RS 485;

- 3-канальний (А3) або 5-канальний (А5) універсальний модуль аналогового введення, який може приймати любий тип аналогового вхідного сигналу, установленний в слот А.

Залежно від потреб замовника, модифікація може бути доповнена:

- модулями входу/виходу (що встановлюються в слоти В і С);

- інтерфейсними модулями І1 (USB + Ethernet) або - І2 (розширений модуль інтерфейсів RS 232, 2xRS 485, Ethernet і USB) (слот D).

Проектне компонування РМТ 29/М1 здійснюється на основі інформації про кількість та вид вхідних сигналів (Додаток Б), які надходять до реєстратора. Відповідно додатку Б, кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків з однієї методичної печі до реєструючих приборів дорівнює 17. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20мА. Тому доцільно буде встановити 2 відеореєструючих прилади РМТ 29/М1 на одну піч та встановити в них модулі аналогового вводу на 3 канали (А3).

Кількість модулів такого типу, необхідних для перетворення 17 вхідних сигналів дорівнює:

$$17\ \textit{вхідних сигналів} : 3\ \textit{каналів вводу} = 6\ \textit{модулів}\ \text{А3}$$

Отже для обслуговування однієї печі потрібно встановити 2 відеореєструючих прилади РМТ 29/М1 з модулями аналогового вводу на 3 канали (А3) по три модулі на кожен прилад.

Для обслуговування 4-х методичних печей потрібно встановити 8 відеореєструючих прилади РМТ 29/М1 з модулями аналогового вводу на 3 канали (А3) по три модулі на кожен прилад.

Вбудоване в РМТ програмне забезпечення дозволяє конфігурувати до 8 незалежних регуляторів, у тому числі на основі ПІД-закону і за заданим профілем. Можливість використання в складі приладу релейних модулів дозволяє застосовувати РМТ в системах автоматизації будь-яких технологічних операцій.

Блок ручного управління БРУ-10



Рисунок 3.7 – Блок ручного управління БРУ-10 [11]

Призначений для використання в системах промислової автоматизації виробничих процесів в якості:

- багатофункціональної станції ручного управління аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами;

- блоку ручного задатчика аналогового сигналу;

- блоку ручного задатчика імпульсних сигналів "більше" - "менше";

- цифрового індикатора двох технологічних параметрів.

Область застосування:

- індикатор двох фізичних величин;

- ручний аналоговий задатчик аналогових уніфікованих сигналів;

- ручний задатчик імпульсних сигналів типу більше-менше;

- станція ручного управління аналоговим виконавчим механізмом;

- станція ручного управління імпульсним виконавчим механізмом;

- перетворювач імпульсних сигналів більше-менше у вихідний уніфікований сигнал;

- перетворювач імпульсних ШІМ-сигналів у вихідний уніфікований сигнал;

- перетворювач (конвертор) вхідних аналогових уніфікованих сигналів у вихідний аналоговий уніфікований сигнал.

Технічні характеристики:

- кількість каналів вимірювання: 2;

- гальванічна ізоляція: трирівнева (по входу, виходу, харчуванню);

- період виміру: 0,25 сек;

- вхідні сигнали: 0-5мА (Rвх = 400 Ом), 0 (4) -20 мА (Rвх = 100 Ом), 0-10В (Rвх> 50кОм);

- вихідні аналогові сигнали: 0-5 мА (Rн2кОм), 0-20 мА, 4-20 мА (Rн500 Ом), 0-10В (Rн> 2 кОм);

- максимальна похибка установки сигналу завдання: ± 0,1%;

- діапазон зміни установки завдання: 0 - 100%;

- основна приведена похибка вимірювання: ± 0,2%;

- точність індикації: <0,1% - цифрова, <5,0% (<2,5%) – лінійна;

- кількість розрядів цифрового індикатора: 4;

- кількість розрядів лінійного індикатора: 21;

- висота цифр світлодіодних індикаторів: 10 мм;
- висота сегмента лінійних індикаторів: 5 мм;
- комутаційна здатність контактів реле з магнітною блокуванням:

постійний струм ... <30 В, <0,250 А;

змінний струм ... <220 В, <0,100 А;

- температура навколишнього середовища: від -40 ° С до + 70 ° С;
- напруга живлення: від мережі змінного струму ~ 220 В, 50 Гц;
- потужність: не більше 6 Вт;
- корпус (ВхШхГ): щитової 96х96х185 мм DIN43700, IP30;
- монтажна глибина: 240 мм;
- маса блоку: не більше 1,1 кг.

Реверсивний пристрій плавного пуску БіСТАРТ-Р.

БіСТАРТ-Р - реверсивні пристрої плавного пуску, динамічного гальмування і захисту призначені для безударного або плавного пуску, динамічного гальмування і реверсу трифазних або однофазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, а також для комплексної інтелектуальної захисту електродвигуна і механізму.

Пристрої плавного пуску "БиСТАРТ-Р" являють собою багатофункціональні реверсивні тиристорні пускачі і можуть замінювати традиційні реверсивні збірки з магнітних пускачів і додаткових пристроїв захисту і динамічного гальмування двигуна.



Рисунок 3.8 – Реверсивний пристрій плавного пуску БіСТАРТ-Р

Переваги використання реверсивних пристроїв плавного пуску, динамічного гальмування та захисту серії "БіСТАРТ-Р":

- універсальне рішення для реверсивних і нереверсивних механізмів;
- комплексний захист устаткування з діагностикою несправностей;
- компактні розміри і мінімальні витрати на монтаж;
- висока частота включень (до 1200вкл / год);
- висока перешкодозахищеність і мінімальний рівень перешкод;
- високоефективне двонапівперіодне гальмування постійним струмом;
- регулятор струму при плавному пуску і гальмуванні постійним струмом;
- модифікації для різних сигналів управління: ~ 220..380В, ~ 24..50В, = 24..50В, сухий контакт (вбудований джерело 24В);
- модифікації зі спеціальними функціями (для дробарок, підйомно-транспортних механізмів та ін.).
- мають ступень захисту IP20.

Електричний виконавчий механізм МЕО-100/25



Рисунок 3.9 – Електричний виконавчий механізм МЕО-100/25 [12]

МЕО-100 / 25-0,25-99 призначений для переміщення регулюючих органів в системах автоматичного регулювання технологічними процесами відповідно до командних сигналів, які надходять від регулюючих і керуючих пристроїв.

Склад МЕО-100 / 25-0,25-99: редуктор; електродвигун; блок сигналізації положення; панель; штепсельне роз’єднання; болт заземлення; ручний привід.

Функціональні особливості МЕО-100 / 25-0,25-99:

- принцип роботи полягає в перетворенні електричного сигналу, що надходить від регулюючого або керуючого пристрою, в обертальне переміщення вихідного валу;

- управління механізмом як безконтактне (за допомогою пускача БіСТАРТ-Р) так і контактна (за допомогою пускача електромагнітного ПМЛ);

- стійкий і міцний до впливу синусоїдальних вібрацій по групі виконання VI ГОСТ 12997-84;

- механізм забезпечує фіксацію положення вихідного валу при відсутності напруги живлення;

- механізм допускає установку з будь-яким просторовим розташуванням вихідного валу безпосередньо на регулювальному органі або на проміжних конструкціях.

3.2.5 Промисловий контролер Modicon M580

Серія програмованих контролерів Modicon M580 є платформою для розв’язання завдань в області промислової автоматизації. Завдяки модульній архітектурі контролер Modicon M580 може забезпечувати керування як нескладними об’єктами автоматизації, так і найбільш відповідальними технологічними процесами на рівні цілого підприємства.



Рисунок 3.10 - Промисловий контролер Modicon M580 [13]

На базі Modicon M580 можна реалізувати локальну, віддалену або розподілену конфігурацію вводу-виводу, які компонуються певною комбінацією шасі, центральних процесорів, джерел живлення, модулів вводу-виводу та інших технічних засобів.

Проектне компонування контролера здійснюється на основі інформації про кількість та вид вхідних і вихідних сигналів, з якими працює контролер у процесі автоматичного управління технологічним процесом, бажану конфігурацію вводів-виводів та мережну структуру [13].

Для додатків, що вимагають наявності просторово розподілених невеликих вузлів, система Quantum може реалізувати схему розподіленого вводу-виводу (DIO), що заснована на технології Modbus Plus. Ця схема дозволяє розташувати модулі вводу-виводу ближче до робочої ділянки і зменшити, таким чином, витрати на підключення датчиків і виконавчих механізмів. При цьому в схемі розподіленого вводу-виводу використовуються ті самі модулі, що і в системах локального і віддаленого вводу-виводу, і недорогий кабель "вита пара".

Для оптимізації топології системи, підвищення її продуктивності, або збільшення кількості модулів вводу-виводу контролери серії Modicon M580 можуть приєднуватися до трьох мереж розподіленого вводу-виводу. Одна мережа реалізується через порт Modbus Plus, що є на ЦПУ. Дві інші - за допомогою додаткових модулів інтерфейсного зв'язку NOM. У систему можуть бути встановлені до двох модулів NOM, які мають додаткові порти Modbus і Modbus Plus і забезпечують розширені можливості зв'язку для системи Quantum.

Мережа розподіленого вводу-виводу DIO в мінімальній конфігурації складається з одного контролера і одного або більш вузлів розташованих поблизу з об'єктами. Кожен вузол складається зі спеціального адаптера DIO з вбудованим блоком живлення або блока Momentum [13].

Для реалізації розподіленої системи вводу-виводу використаємо спеціальні адаптери DIO. Адаптери DIO призначені для сполучення модулів вводу-виводу з головним процесором за допомогою екранованої витої пари. Адаптер забезпечує модулі живленням від внутрішнього джерела напругою =24В (140CRA 211 20, 140CRA 212 20) або ~115/230В (140CRA 211 10, 140CRA 212 10). Мережа складається з однієї або декількох кабельних секцій. Кожна секція підтримує до 32 вузлів і має максимальну довжину кабелю 450м. Для збільшення довжини мережі до 1800м і підтримки до 64 вузлів секції можуть бути сполучені пристроями повторювачами Modicon. Мінімальна довжина кабелю між будь-якою парою вузлів повинна бути принаймні 3м. Максимальна довжина кабелю між двома вузлами така сама, як і максимальна довжина секції 450 м.

Отже для компоновки модулів контролера серії Modicon M580 потрібні 2 контролера (ЦПУ) та 4 вузли з адаптерами DIO, кожен з яких розташований на окремій секції поблизу з об’єктами.

Для реалізації 4-х секцій розподіленого вводу-виводу з адаптерами DIO потрібно 2 контролери, основний та резервний.

До складу кожного контролеру входить блок живлення PS, модуль центрального процесору CPU, модуль інтерфейсного зв'язку NOE та модуль гарячого резервування CHS.

До складу вузла входить модуль DIO із вбудованим блоком живлення та модулі вводу/виводу.

Відповідно табл.2.1, кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера дорівнює 68. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20мА. Ці сигнали надходять на графічний відео реєстратор PMT 29/M1, а з нього через інтерфейс RS-485 вони надходять до центрального процесорного модулю CPU через порт Modbus.

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керувальний вплив на витрату газу та повітря до 2-х зварювальних верхніх зон, однієї нижньої та томильної зони та на розмір тяги. Здійснюється це за допомогою виконавчих механізмів сталої швидкості, які працюють від імпульсних сигналів управління. Оскільки при регулюванні технологічних параметрів виконавчий механізм має здійснювати компенсацію збурень шляхом збільшення або зменшення витрати газу та повітря та розмір тяги при розрахунку кількості дискретних модулів виводу необхідно передбачити на кожний виконавчий механізм два виходи – «більше» і «менше». Зміну витрат технологічних параметрів здійснюють 36 виконавчих механізмів, а це означає, що для керування їх роботою потрібно 72 вихідних канали дискретного модуля виводу по 18 каналів на кожну піч.

Серед існуючих дискретних модулів виводу Modicon для керування роботою виконавчих механізмів найбільш підходить модуль 140 DRA 840 00, у якого 16 каналів оснащених вихідними реле з нормально відкритими контактами і який споживає струм 1100мА.

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

$$18\ \textit{вихідних сигналів} : 16\ \textit{каналів виводу} = 1{,}125 \approx 2\ \textit{модулі}\ 140\ \text{DRA}\ 840\ 00$$

Отже для одного вузла розподіленої конфігурації DIO (однієї печі) потрібно встановити 2 модулі дискретного виводу 140 DRA 840 00. Оскільки вузлів 4, то загальна кількість модулів дискретного виводу буде дорівнювати:

4 *вузли* : 2 *модулі* 140 DRA 840 00 == 8 *модулів* 140 DRA 840 00

Для опитування 68 входів, обробки інформації, відповідно до алгоритмів керування окремими технологічними параметрами, оновлення станів 72 вихідних каналів, реалізації двох гілок розподіленого вводу-виводу та здійснення інших процедур у системі управління, можна використати центральний процесор 140CPU 113 03. Він має ОЗП –512 Кбайт, 1 порт Modbus Plus і споживаний струм шини – 790мА, а також підтримує локальний ввід-вивід– до 64(ввід)/64(вивід) і розподіленний ввід-вивід – до 30 (ввід)/32 (вивід) на один вузол та 500(ввід)/500(вивід) на всю мережу. Таких модулів потрібно 2, оскільки використовується 2 контролери.

2 центральні панелі: 1 модуль 140CPU 113 03 = 2 *модулі* 140CPU 113 03

Оскільки, необхідно сконфігурувати розподіленний ввід-вивід, для віддаленої панелі потрібен адаптер вузлу DIO 140 CRA 212 10, який одночасно використовується як блок живлення вузла. Цей адаптер має 2 порта Modbus Plus для сполучання з центральним процесором та сполучення з графічним відео реєстратором, живиться напругою 85-276В змінного струму, має вихідний струм на шину – 3А. Оскільки віддалених панелей 4, то кількість адаптерів вузлу DIO буде дорівнюватись:

4 *вузли: 1 адаптер* 140 CRA212 10 = 4 *адаптери DIO* 140 CRA212 10

Оскільки потрібно зробити гаряче резервування, то на 2 центральні стійки потрібно встановити по 1 додатковому модулю гарячого резервування 140 CHS 110 00.

Для функціонування контролерів потрібні модулі живлення, які необхідно розрахувати, користуючись підсумковим струмом, що споживають усі модулі контролера. Враховуючі, що аналогові модулі вводу та дискретні модулі виводу розташовуються на розподіленому шасі, де в якості модуля живлення використовується адаптер вузла DIO, то для розрахунку споживаного струму потрібно враховувати модулі тільки центральної панелі.

На центральній панелі знаходяться модуль центрального процесору 140CPU 113 03, який споживає 790 мА, модуль інтерфейсного зв'язку 140 NOE 211 00, який споживає 750 мА та модуль гарячого резервування 140 CHS 110 00, який споживає 780 мА. Щоб забезпечити такий струм споживання необхідно використати модуль живлення 140CPS 111 00, який має вхідну напругу 115-230 В змінного струму, а вихідний струм шини дорівнює максимум 3А. Оскільки центральних панелей дві та вони ідентичні, то треба встановити 2 модулі живлення 140CPS 111 00 по 1 на кожну центральну панель.

Для конфігурування розподіленого вводу-виводу потрібно 6 панелей. На 2-х центральних необхідно встановити по 1 модулю живлення, по 1 центральному процесору, по 1 модулю інтерфейсного зв'язку 140 NOE 211 00, а на 4-х виносних – по 1 адаптеру вузлу DIO 140 CRA 212 10 та по 2 дискретних модулі виводу 140 DRA 840 00. У зв'язку з цим у якості центральних панелей необхідно використати 2 4-слотові панелі 140 XBP 004 00, а для розподіленого вводу-виводу застосувати 4 3-слотові панелі 140 XBP 003 00.

Для з'єднання портів Modbus Plus центральних процесорів з адаптерами вузлів 140 CRA 212 10, які розташовані на певній відстані, потрібно 4 магістральних кабелю 490 NAA 271 01 довжиною по 50м.

Для з'єднання контролерів з АРМ операторів та диспетчерів через порт Ethernet потрібен кабель вита пара 10 Base-T.

3.2.4 SCADA-система AVEVA InTouch

Система AVEVA InTouch – потужна і легка у використанні SCADA система для промислової автоматизації, диспетчерського контролю та управління технологічними процесами.

Ключова задача InTouch – дати змогу розробникам систем досягати максимальної продуктивності та ефективності шляхом надання візуалізації на будь-якому пристрої, у будь-який час і в будь-якому місці. Унікальні бібліотеки ситуаційної обізнаності надають операторам контекстуалізовану інформацію, необхідну для швидкого й точного вирішення нестандартних ситуацій — до того, як вони вплинуть на роботу.

Широкий спектр промислових стандартів та протоколів

AVEVA InTouch включає в себе велику кількість драйверів для роботи з обладнанням виробників Schneider Electric, Siemens, Beckhoff, ABB, Allen Bradley за протоколами Modbus, BACnet, DNP3, OPC UA та багатьма іншими.

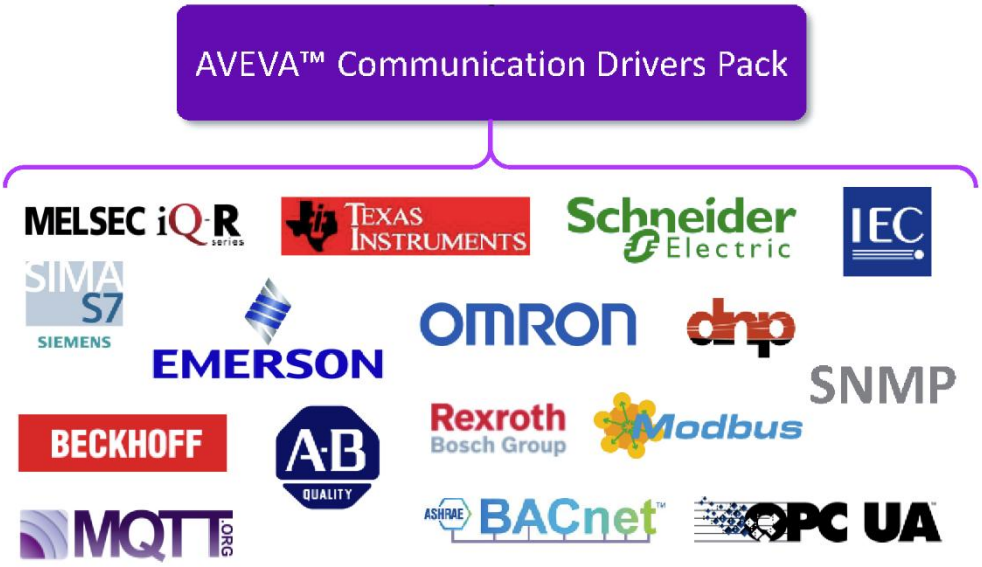


Рисунок 3.11 – Комунікаційні можливості SCADA-системи AVEVA InTouch [14]

Потужний графічний механізм Industrial Graphics

Інструмент Industrial Graphics це вбудована в InTouch база даних з великою кількістю налаштованих елементів, створених за принципом ситуаційної обізнаності. Бібліотека значно підвищує ефективність

роботи персоналу – оператор чітко бачить аварії та попередження, а важлива у даний час інформація чітко відокремлюється та підсвічується.

InTouch Mobile App – програма для iOS та Android з можливостями перегляду та керування. Даний спосіб має той самий функціонал, що і Web Client – застосунок надає можливість читання та запису даних, підтримує роботу з аваріями та трендами, але має певні недоліки – мобільний клієнт може відображати тільки невеликі мнемосхеми, великі ж мнемосхеми будуть відображатися частинами.

Веб-віджети. InTouch включає в себе веб-віджети – інструменти створені для збільшення продуктивності та оптимізації роботи клієнтів. Веб-віджети це елементи керування, створені за допомогою веб-технологій HTML5 та JavaScript. Віджети підтримуються як у InTouch WindowViewer, так і у веб-клієнті InTouch. Наразі InTouch підтримує такі віджети, як:

Віджет каруселі – дозволяє послідовно відображати вибрані символи та елементи в режимі слайд-шоу

Віджет карти – дозволяє отримувати доступ до активів підприємства, підв’язаних до гео-локації – ідеально підходить для георозподілених об’єктів. Віджет веб-браузеру – дозволяє отримувати доступ до зовнішнього веб-вмісту.

Хмарне керування промисловою графікою

InTouch має можливість підключатися до хмарного сервісу AVEVA Cloud для доступу та зберігання готової бібліотеки символів. Даний інструмент зручний для великих підприємств для зберігання загального набору базових елементів для уніфікації графіки на підприємстві.

Персональні робочі області

Personal Workspaces (Персональні робочі області) – інструмент, який дозволяє оператору створювати та конфігурувати свої власні екрани з необхідними йому елементами безпосередньо під час роботи у Runtime. Для цього оператор створює окрему сторінку – Workspace, та додає на неї елементи, які входять саме в його зону відповідальності для подальшої роботи

з ними. При цьому є можливість як додавати елементи з вже прив’язаними тегами, так і додавати необхідні теги до елементів власноруч.

Особливості:

- можливість розробки великих проєктів завдяки інструменту створення шаблонів обладнання SuperTags;
- зручний WEB доступ, що не вимагає складного налаштування;
- підтримка веб-віджетів, хмарного керування елементами, персональних робочих просторів.

3.3 Вибір математичної моделі

Продуктивність печі може змінюватися в широких межах і в цьому випадку необхідно забезпечити необхідний режим нагрівання залежно від заданої продуктивності. Оскільки довжина печі і довжини зон не змінюються, то варіюючи температурою газів в печі, необхідно добитися такого розподілу температури газів по зонах печі, щоб отримати якісний нагрів металу при заданій продуктивності. Крім того в кожному окремому випадку визначити теплові втрати і розрахувати витрату палива. Для того, щоб в реальних умовах оперативно впливати на ситуацію, що створилася, необхідно виконати моделювання розрахунку горіння палива, температури та часу нагріву металу.

Математична модель була розроблена для отримання заданої якості нагріву металу при відомій продуктивності.

Температура газів $t_г$ у зонах печі розраховується за наступною формулою:

$$t_г = 100\sqrt[4]{\frac{q_k}{c} + \left(\frac{t_{пк}}{100}\right)^4} - 273 \quad (3.1)$$

де c – теплоємність металу;

$t_{пк}$ – задане значення температури поверхні металу на виході з печі;

q_k - питомий тепловий потік до поверхні металу.

$$q_k = \frac{2\lambda\Delta t_k}{2S} \quad (3.2)$$

де $2S$ – товщина заготовки;

l – довжина заготовки;

Δt_k – допустимий перепад температур по перетину;

λ – коефіцієнт теплопровідності металу при температурі $t_{ср}$

$$t_{ср} = t_{пк} - \frac{2}{3}\Delta t_k \quad (3.3)$$

Час нагріву металу у зоні визначається за наступною формулою:

$$\tau = \left(\frac{L2Sl\rho}{G} * 100\right)/60 \quad (3.4)$$

де L – довжина поду;

$2S$ – товщина заготовки;

l – довжина заготовки;

ρ – щільність металу;

G – продуктивність печі.

Температура поверхні металу розраховується за наступною формулою:

$$t_п = t_г - \frac{t_г - t_{пк}}{Ф} \quad (3.5)$$

де $t_г$ – температура газів у зоні печі;

$t_{пк}$– задане значення температури поверхні металу на виході з печі;

Ф – критерій Фур'є.

На основі розглянутих формул була розроблена програма, яка визначає час нагріву металу, температуру газів к кожній із зон печі та температуру поверхні металу в залежності від продуктивності методичної печі. Робоче вікно програми представлене на рисунку 3.11. Програма знаходиться на АРМ оператора відділу методичних печей та з'єднана з мнемосхемою через інтерфейс Ethernet. Дані передаються через протокол TCP/IP. При зміні продуктивності печі оператор на мнемосхемі перемикає режим управління на

ручний, задає продуктивність печі в розробленій програмі, програма розраховує необхідні значення та передає їх до мнемосхеми. На мнемосхемі автоматично змінюються задані розраховані параметри.

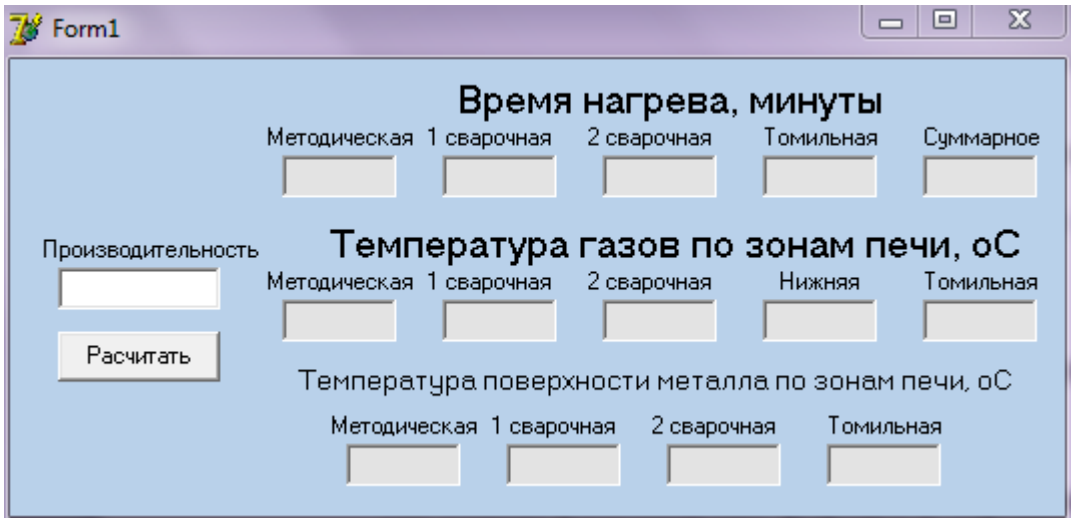


Рисунок 3.11 – Робоче вікно програми

На основі розробленої програми були проведені розрахунки часу нагріву слябів, температури газів в зонах печі та температури поверхні металу в кінці кожної зони для 4-х зонної методичної печі при різній продуктивності печі.

Зменшення продуктивності печі призводить до збільшення часу нагрівання, тобто до зменшення швидкості просування заготовок. У зв'язку з цим збільшується перебування заготовок в кожній зоні. Час нагріву заготовок в кожній зоні в залежності від продуктивності печі приведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Час нагріву металу по зонах в залежності від продуктивності методичної печі

Продуктивність, т/год	Час, хвилини				
	Методична зона	I-а зварювальна зона	II-а зварювальна зона	Томільна зона	Загальний час
400	26	44	37	42	149
350	29	50	42	48	171
300	34	59	49	56	199
250	42	70	59	67	239

В результаті цього нагрівання металу можна здійснити при меншій температурі газів по зонах печі. У таблиці 3.2 наведена зміна температури газів по зонах печі в залежності від продуктивності.

Таблиця 3.2 – Температура газів по зонах печі в залежності від продуктивності

Продуктивність, т/год	Температура, °С				
	Методична зона	I-а зварювальна зона	II-а зварювальна зона	Нижня зона	Томільна зона
400	1138	1290	1340	1320	1270
350	1130	1285	1325	1311	1265
300	1122	1277	1312	1303	1258
250	1108	1260	1304	1287	1249

Як видно з таблиці 3.2 температура газу по зонам зі зменшенням продуктивності зменшується.

У таблиці 3.3 наводиться зміна температури поверхні металу по довжині печі. За розробленою математичною моделлю було виконано моделювання нагріву металу таким чином, щоб в кінці методичної зони температура поверхні металу не відрізнялося від температури пластичності tpl = 500˚С на величину заданої похибки.

Таблиця 3.3 – Температура поверхні металу по зонах печі в залежності від продуктивності

Продуктивність, т/год	Температура, °С			
	Методична зона	I-а зварювальна зона	II-а зварювальна зона	Томильна зона
400	504	1056	1122	1125
350	504	1052	1118	1121
300	502	1045	1115	1119

250	502	1039	1111	1117

Температура поверхні металу в кінці методичної зони коливається в межі 502 ... 504˚С, а в кінці зварювальної зони температура поверхні витримується 1139 ... 1156˚С.

Таким чином моделювання нагріву металу в методичній печі при зменшенні продуктивності печі дозволяє гріти метал при більш низькій температурі газів по зонах печі в порівнянні з номінальною продуктивністю. Це в свою чергу призведе до зниження теплових втрат в печі і зменшенню витрати палива.

3.4 FBD-програма управління роботою відділу методичних печей та прокатного стану

На основі розглянутих алгоритмів управління у SCADA-системі InTouch були розроблені FBD-програми управління відділом методичних печей та прокатного стану.

Перша програма управляє роботою видачі металу із методичних печей. Після завершення нагріву металу відбувається видача металу і транспортування його на прокатний стан. На головному екрані мнемосхеми візуально відображається піч, з якої відбувається видача металу та відображається процес руху металу з печі до стану.

Аргументи, які були розроблені для створення програми зображені на рис. 3.12.

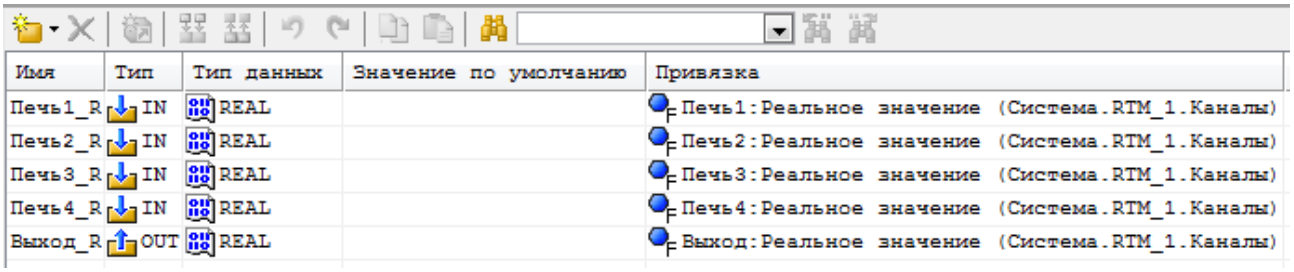


Рисунок 3.12 – Аргументи програми управління видачі металу з печей

Програма управління видачі металу з печей представлена на рис. 3.13.

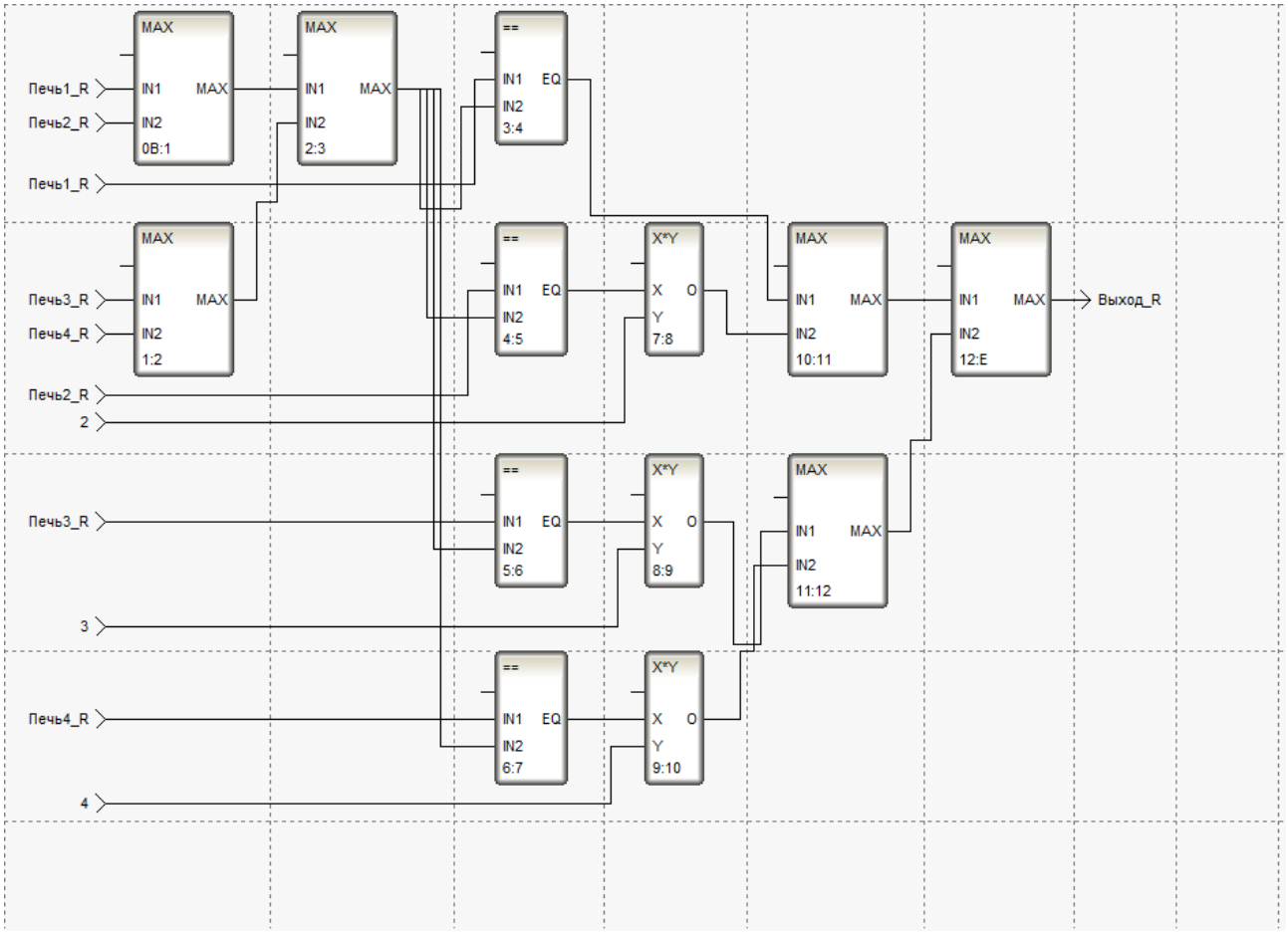


Рисунок 3.13 – Програма управління видачі металу з печей

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління прохідною методичною піччю

Температура робочого простору.

Основним направлено змінним параметром при управлінні нагріванням металу є температура робочого простору. Саме вона в першу чергу визначає тепловіддачу металу, розподіл температур в його масі, інтенсивність окалиноутворення, знос конструкцій печі та інші найважливіші параметри, що характеризують процес теплової обробки металу і роботу агрегату. Виміряна температура є головним джерелом інформації про тепловий стан окремих зон і всієї печі в цілому. На основі цієї інформації складають інструкції по нагріванню, виконують тепловий розрахунок зон, розраховують нагрів металу, задають температурний профіль печі, здійснюють управління тепловим і температурним режимами. Достовірність результатів вирішення перерахованих завдань в першу чергу залежить від того, яка величина прийнята як температура робочого простору, де і як вона виміряна.

Завданням локальної системи є забезпечення заданої температури робочого простору в зоні опалення шляхом відповідної зміни її теплового навантаження.

Зміна теплового навантаження зон, обладнаних інжекційними пальниками, здійснюється шляхом зміни витрати палива при впливі на загальну поворотну заслінку на зональному газопроводі. Відповідну зміну витрати повітря горіння досягається автоматично зміною режиму роботи пальників.

Сигнали 4-20 мА з датчиків температури у вигляді т.е.д.с. надходять на входи графічного реєструючого приладу РМТ 29/М1. З реєструючого приладу значення температури через інтерфейс RS-485 надходять до контролеру Modicon M580.

Температура зони печі, що надійшла до контролера, порівнюється із заданою величиною. Програма, прошита в контролері, видає регулюючий вплив, який з дискретного модулю виводу подається через БРУ-10 на пускач БіСТАРТ-Р, а потім на електричний виконавчий механізм МЕО 100/25, який завдяки регулюючому клапану на зональному газопроводі змінює подачу палива до зони печі.

Тиск в робочому просторі печі

Тиск в робочому просторі методичних печей істотно впливає на їх теплову роботу. Він визначає за інших рівних умов інтенсивність нагріву металу, питому витрату палива, величину чаду і окалиноутворення, зручність обслуговування і збереження агрегату.

Надмірно високий тиск веде до вибивання з печі продуктів згоряння, що разом із зростанням теплових втрат викликає прискорений знос зовнішніх конструкцій, ускладнює візуальний контроль і обслуговування, забруднює атмосферу цеху.

Занадто низький тиск обумовлює підсмоктування в піч через робочі вікна і різні нещільності в кладці холодного повітря, що веде до погіршення використання палива, збільшення чаду і окалиноутворення і ускладнює управління процесом горіння. Особливо небезпечне підсмоктування повітря через вікно видачі, що викликає нерівномірне охолодження найближчої заготовки та підстужування подини. При тривалій паузі в роботі стану ця заготовка вже не може бути спрямована в прокатку, а повертається на склад.

Найбільш сприятливим у сенсі забезпечення найкращої теплової роботи печі і зручності її обслуговування є невеликий позитивний тиск у всьому робочому просторі. Однак створити такий режим роботи на сучасних методичних печах практично неможливо. Головна причина – робота пальників, що подають паливо і повітря з великою кінетичної енергією. По мірі руху уздовж зони швидкість продуктів згоряння зменшується, динамічний натиск переходить в статичний, в результаті чого тиск безупинно наростає в напрямку вікна посаду.

По висоті печі тиск також різний через вплив геометричного напору стовпа продуктів згоряння. Під склепінням він вище, ніж на рівні металу , в нижніх зонах – мінімальний, це веде до перетоків, які обумовлюють взаємовплив зон і перегрів торців заготовок.

Періодичне відкриття заслінок вікна видачі викликає додаткові зміни тиску, особливо сильно проявляються в томильній зоні.

При такому різноманітті збурюючих факторів і відмінності їх прояву в різних точках робочого простору на сучасних методичних печах є лише один канал управління тиском – зміна тяги, яка реалізується шляхом впливу на становище шибера в димовому борові.

В якості датчика для вимірювання тиску використовується Метран 150CG з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА. Сигнал від датчика надходить на вхід показуючого регіструючого приладу РМТ 29/М1 і далі через інтерфейс RS-485 на контролер Modicon M580. Значення тиску, що надійшло до контролера, порівнюється із заданою величиною. Програма, прошита в контролері, видає регулюючий вплив, який з дискретного модулю виводу подається через БРУ-10 на пускач БіСТАРТ-Р, а потім на електричний виконавчий механізм МЕО 100/25, який змінюючи положення шибера, змінює розмір тяги.

Співвідношення паливо-повітря

Завданням цих систем є забезпечення економічного спалювання палива, досягнення найкращих умов теплообміну факела з металом. Зазначені завдання вирішуються шляхом спрямованої зміни співвідношення паливо – повітря, автоматична стабілізація якого дозволяє поліпшити якість нагріву металу, зменшити питому витрату палива, чад і окалиноутворення.

Регулювання здійснюється шляхом примусової зміни витрати палива. Підтримку заданого значення співвідношення паливо – повітря забезпечують локальні системи регулювання, які у ролі вхідної інформації використовують безупинно обчислювані витрати палива і повітря. Величину співвідношення паливо – повітря встановлюють за допомогою задатчика, відградуйованого

або безпосередньо в одиницях співвідношення паливо – повітря, або в одиницях коефіцієнта витрати повітря, визначається як відношення виміряної витрати повітря до теоретичної, необхідної для повного спалювання виміряної витрати палива.

Для вимірювання витрати палива і повітря використовується діафрагма типу ДКС. З діафрагми ДКС-10 зняті значення тиску у повітряпроводі надходять на витратомір типу Метран 150CD , на виході він формує сигнал 4-20 мА, який подається на вхід показуючого регіструючого приладу РМТ 29/М1 і далі через інтерфейс RS-485 на контролер Modicon M580.

Паралельно вимірюється витрата палива. З діафрагми ДКС-10 зняті значення тиску у повітряпроводі надходять на витратомір типу Метран 150CD, на виході він формує сигнал 4-20 мА, який подається на вхід показуючого регіструючого приладу РМТ 29/М1 і далі через інтерфейс RS-485 на контролер Modicon M580. На підставі значення величини витрати газу і коефіцієнта витрати повітря (значення коефіцієнта витрати повітря задається за допомогою задатчика БРУ-10 або розраховується програмно), з виходу контролера видається регулюючий вплив на вхід БРУ – 10 і далі сигнал подається на пускач типу БіСТАРТ-Р, що формує сигнал 220В, який впливає на регулюючий орган МЕО 100/25, змінюючи витрату повітря до пальників.

4.2 Принципова електрична схема управління

Спираючись на порядок проходження сигналу, який було описано на схемі КТЗ, відповідно до прийнятих стандартів було розроблено принципову електричну схему. На ній було враховано особливості електричного з’єднання устаткування, обраного для САР відділом методичних печей.

Для регулювання температури робочого простору опалювальних зон обраний контактний термоелектричний метод виміру, а в якості датчиків - термоперетворювачі ТПР-1788, які мають уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА. З термопари сигнал надходить до показуючого регіструючого приладу РМТ 29/М1. До комплекту показуючого регіструючого пристрою належить

регістратор РМТ 29/М1 модулі вводу сигналів. При вивченні особливостей технічних засобів були встановлені 3 універсальних аналогових модуля вводу А3, які можуть приймати сигнали з термопар, датчиків тисків та витратомірів.

Контролер Modicon M580 обмінюється даними з показуючим реєструючим приладом через інтерфейс RS-485 по протоколу Modbus RTU.

Компоновка контролера також виконувалась з урахуванням можливості центрального процесору та модулів дискретного виводу. Живлення модулів контролера виконується завдяки блоку живлення PS 307 (2А) та складає 24В. Модуль дискретного виводу видає керуючий вплив 24В на блок ручного управління БРУ-10. Далі сигнал видається на пускач БіСТАРТ-Р, де він підсилюється до 220В і передається на вхід виконавчого механізму МЕО 100/25. Пускач БіСТАРТ-Р був вибраний з урахуванням виду МЕО.

Для регулювання тиску робочого простору обраний контактний метод виміру, а в якості датчика – датчик надлишкового тиску Метран 150CG. З Метрана сигнал надходить до показуючого регіструючого пристрою РМТ 29/М1. Дані з РМТ 29/М1 передаються на контролер Modicon M580 через інтерфейс RS-485. Контролер з модулей дискретного виводу видає керуючий сигнал 24В на блок ручного управління БРУ-10. Далі сигнал видається на пускач БіСТАРТ-Р, де він підсилюється до 220В і передається на вхід виконавчого механізму МЕО.

Для регулювання співвідношення паливо-повітря обраний контактний метод виміру, а в якості датчиків – датчики різниці тисків Метран 150CD. Слід зазначити, що датчики тисків живляться напругою 24В, тому для їх живлення був встановлений 8-ми канальний блок живлення БП906/24-8. Виміряні значення витрати палива та повітря Метранів надходять до показуючого регіструючого пристрою РМТ 29/М1. Дані з РМТ 29/М1 передаються на контролер Modicon M580 через інтерфейс RS-485. Контролер з модулю дискретного виводу видає керуючий сигнал 24В на блок ручного управління БРУ-10. Далі сигнал видається на пускач БіСТАРТ-Р, де він підсилюється до 220В і передається на вхід виконавчого механізму МЕО.

Для контролю температури димових газів до та після рекуператора та температури підігрітого повітря був обраний контактний термоелектричний метод виміру, а в якості датчиків - термоперетворювачі ТХА-0188 для виміру температури димових газів та ТХК 2088 для виміру температури підігрітого повітря. З термопар уніфікований сигнал 4-20 мА надходить до показуючого регіструючого пристрою РМТ 29/М1.

Панелі розподіленого вводу-виводу контролера Modicon M580 розташовані в безпосередній близькості з об'єктами. Сам контролер розташований у шафі управління Я5000. Обмін інформацією відбувається через порти Modbus Plus, які розташовані на центральному процесорі та на адаптерах DIO. Для з'єднання портів Modbus Plus центральних процесорів з адаптерами вузлів 140 CRA 212 10, які розташовані на певній відстані, використовуються магістральні кабелі 490 NAA 271 01. Обмін даними між контролером та модулями розподіленого вводу-виводу відбувається через інтерфейс RS-485 по протоколу ModbusRTU.

Слід зазначити, що для запобігання послаблення сигналу в процесі передачі даних від адаптерів DIO до контролера для з'єднання між вузлами та контролером встановлені репітери. Для гасіння перешкод на початку та в кінці мережі встановлені термінатори.

Системою передбачене гаряче резервування. Головний та резервний контролери з'єднані між собою коаксіальним кабелем.

Контролер Modicon M580, АРМ диспетчера прокатного стану, АРМ диспетчера відділу методичних печей, АРМ оператора відділу методичних печей, АРМ начальника цеха та сервер обмінюються даними через комутатор. Обмін даними відбувається через інтерфейс Ethernet 10BASE-T. Фізичне з'єднання відбувається за допомогою кабелю вита пара.

4.3 Принципова електрична схема живлення контуру регулювання температури у робочому просторі печі

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

Для живлення датчиків тиску Метран 150 використовується блок живлення БП-906/24-8, (по одному на кожну піч).

Блоки ручного управління БРУ 10 знаходяться на щиті і живляться напругою ~220В.

Пускачі БіСТАР-Р знаходяться в місцевих шафах та живляться напругою ~220В.

Показуючі прилади РМТ 29/М1 розташовані на щиті і живляться напругою ~220В.

Для живлення контролера використовується ДБЖ APC DIN Rail Industrial Panel UPS.

Для живлення комп’ютерів, які використовуються в якості АРМ використовуються ДБЖ Powercom PTM-850.

4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА

До монтажно комутаційної схеми внесені прилади, які розташовані на щиті КВПіА, а саме: нормуючі перетворювачі, контролер, блок ручного управління. На задній панелі щита розташовані клемники, перший з який клемник живлення (К1), а другий управляючий (К2).

4.5 Зовнішній вид щита та вид на внутрішні панелі

Щити і пульти управління в САР є конструктивними елементами, які використовуються для розміщення апаратури і приладів.

Розміри пульта:

- висота 1200мм;
- ширина 800мм.

На схемі зовнішнього виду пульта зображується:

- вигляд передньої панелі щита зі спрощеним зображенням приладів;
- вигляд стін з внутрішньої сторони з спрощеним начертанням встановлених на ній апаратів та виробів;
- таблиця написів в рамках до приладів та допоміжного обладнання.

На щиті розміщені такі прилади:

а) основні прилади:

1) панель оператора;

2) контролер Modicon M580 з модулями;

б) допоміжні прилади:

1) куток металевий;

2) DIN – рейка;

3) клемні колодки.

4.6 Схема зовнішніх з’єднань

На схемі зовнішніх з`єднань умовно показано у вигляді ліній зв`язку електричні проводи, кабелі і захисні труби, що прокладені поза щитом між окремими приладами і засобами автоматизації [15].

Для живлення приладів використовується мідний кабель КВВГ з чотирма жилами та перетином 1,0 мм^2.

Для передачі інформації з датчиків на показуючий прилад РМТ 29/М1 та для передачі управляючого сигналу з блоку ручного управління БРУ-10

використовується мідний кабель КВВГ з чотирма жилами та перетином 1мм^2. Переріз жил обирався виходячи з потужності приладів що комутуються.

Для передачі управляючого сигналу з модулів дискретного виводу контролера Modicon M580 та для передачі даних між контролером та адаптерами DIO використовується кабель вита пара UTP CAT2 з чотирма парами та перетином 0,51 мм^2.

Для захисту кабелей КВВГ та ТПГВ від дій зовнішньої середи використовуються гофротруба діаметром 20 мм.

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Розрахунок параметрів наближеним методом

При цьому методі враховується середньогрупові інтенсивності відмов елементів системи та досвід експлуатації аналогічних виробів [16].

Таблиця 5.1 - Вхідні дані

Найменування	Кількість	$\lambda_{0i} *10^{-6}$
Термопара ТХА	12	0,1
Термопара ТПР	16	0,1
Термопара ТХК	4	0,1
Метран 150 CG	4	0,9
Метран 150 CD	32	0,9
БП-906/24-8	4	0,7
ДКС-10	32	0,1
РМТ 29 М/1	8	0,5
БРУ-10	36	0,5
БіСТАРТ-Р	36	0,3
МЕО 100/625	36	1,5
Modicon M580	2	0,7
АРМ	4	0,9
Принтер	2	1,5
Сервер	1	0,8
ДБЖ	22	0,7
Switch	1	0,8

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

$$\lambda'_{заг} = k^* \sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} * n_i = 2,5*10^{-6}*(0,1*32+0,9*36+0,1*6+0,5*8+0,3*36+0,3*36+$$

$$1,5*36+0,7*2+0,7*4+0,7*18+0,9*4+1,5*2+0,8*1+0,8*1)=$$

$$=2,5*140,8*10^{-6}=352*10^{-6}\ [1/год], \quad (5.1)$$

де k – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР;

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

m – кількість груп;

n_i - кількість елементів у групі

- розраховується наробіток на відмову:

$$T_0' = \frac{1}{\lambda'_{заг}} = \frac{1}{352*10^{-6}} = 7102,27\ [год]; \quad (4.2)$$

- розраховується імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P'(t) = e^{-\lambda'_{заг}} = e^{-\frac{t}{T_0'}} = e^{-\frac{40000}{7102,27}} = 0,36; \quad (4.3)$$

Таблиця 5.2 - Результати розрахунків параметрів надійності наближеним методом

Найменування	Кількість	$\lambda_{0i}*10^{-6}$	K	$\Lambda^1_{заг}*10^{-6}$, $\frac{1}{год}$
Термопара ТХА	12	0,1	2,5	352
Термопара ТПР	16	0,1		
Термопара ТХК	4	0,1		
Метран 150 CG	4	0,9		
Метран 150 CD	32	0,9		
БП-906/24-8	4	0,7		
ДКС-10	32	0,1		
РМТ 29 М/1	8	0,5		
БРУ-10	36	0,5		
БіСТАРТ-Р	36	0,3		
МЕО 100/625	36	1,5		
Modicon M580	2	0,7		
АРМ	4	0,9		

Принтер	2	1,5		
Сервер	1	0,8		
ДБЖ	22	0,7		
Switch	1	0,8		

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

t, год	0	$0{,}5T_0^1$	T_0^1	$1{,}5\ T_0^1$	$2T_0^1$	$2{,}5\ T_0^1$	$3T_0^1$	$3{,}5\ T_0^1$	$4T_0^1$
$P'(t)$	1	0,60	0,37	0,22	0,135	0,082	0,05	0,03	0,018

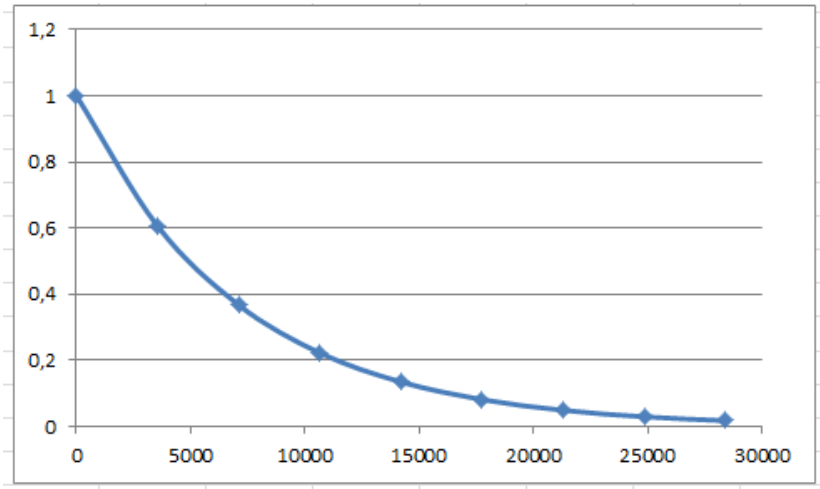


Рисунок 5.1 - Графік залежності $P'(t)$

5.2 Розрахунок параметрів надійності з урахуванням режиму роботи елементів і впливом дестабілізуючих чинників (повний або уточнений розрахунок)

Для визначення коефіцієнтів навантаження елементів роблять розрахунки режимів роботи схеми або приймають рекомендовані коефіцієнти згідно статистичним даним. Вплив дестабілізуючих чинників враховуються за поправними коефіцієнтами, які визначаються конкретними умовами експлуатації та технічними параметрами [16].

Алгоритм розрахунку наступний:

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

a = 0,66

Таблиця 5.4 - Коефіцієнти навантаження

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

- розраховується комплексний поправочний коефіцієнт:

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

- розраховується загальна інтенсивність відмов :

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

$$\Lambda'' = k * k_\lambda * \sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} * n_i = 2.86*2{,}5*10^{-6}(0{,}1*32+0{,}9*36+0{,}1*6+0{,}5*8+0{,}3*36+$$

$$0{,}3*36+1{,}5*36+0{,}7*2+0{,}7*4+0{,}7*18+0{,}9*4+1{,}5*2+0{,}8*1+0{,}8*1)=$$

$$2.86*2{,}5*140{,}8*10^{-6}=695*10^{-6}\ [1/\text{год}], \qquad (5.5)$$

- розраховується наробіток на відмову :

$$T_0'' = \frac{1}{\Lambda''_{ЗАГ}} = 2914{,}5\ [\text{год}];$$

- розраховується вірогідність безвідмовної роботи САР :

$$P''(t) = e^{-\Lambda''_{ЗАГ}} = e^{-\frac{t}{T_0''}} = 1 \qquad (5.6)$$

Таблиця 5.5 - Дані і результати розрахунків параметрів надійності точним методом

Найменування	Кількість	λ_{0i} *10^{-6}	К	$\Lambda^1_{заг}$ *10^{-6}, $\frac{1}{год}$	$T_0^{"}$, год
Термопара ТХА	12	0,1	2,5	695	2914,5
Термопара ТПР	16	0,1			
Термопара ТХК	4	0,1			
Метран 150 CG	4	0,9			
Метран 150 CD	32	0,9			
БП-906/24-8	4	0,7			
ДКС-10	32	0,1			
РМТ 29 М/1	8	0,5			
БРУ-10	36	0,5			
БіСТАРТ-Р	36	0,3			
МЕО 100/625	36	1,5			
Modicon M580	2	0,7			
АРМ	4	0,9			
Принтер	2	1,5			
Сервер	1	0,8			
ДБЖ	22	0,7			
Switch	1	0,8			

Таблиця 5.6 - Дані для побудови графіку залежності $P"(t)$:

t, год	0	$0,5T_0^1$	T_0^1	$1,5\ T_0^1$	$2T_0^1$	$2,5\ T_0^1$	$3T_0^1$	$3,5\ T_0^1$	$4T_0^1$
$P'(t)$	1	0,60	0,37	0,22	0,14	0,082	0,05	0,03	0,018

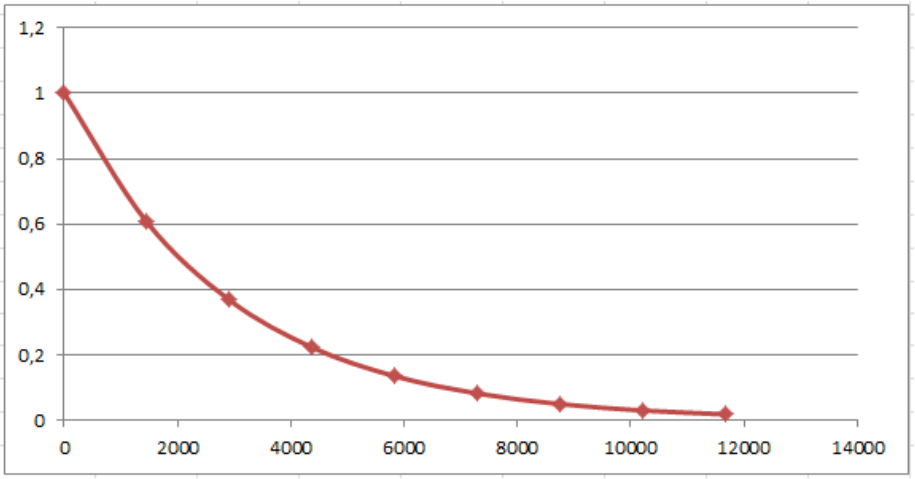


Рисунок 5.2 - Графік залежності $P''(t)$

Будуються графіки $P'(t)$ і $P''(t)$ в єдиних координатах:

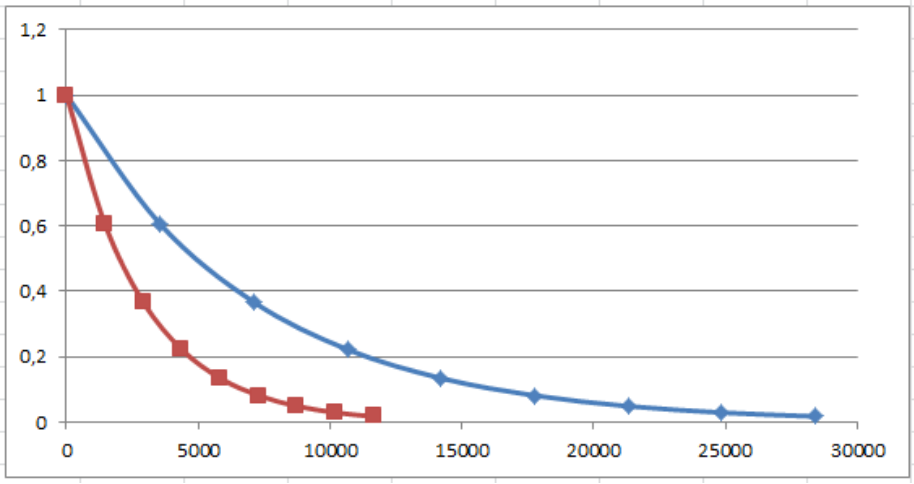


Рисунок 5.3 - Графіки $P'(t)$ і $P''(t)$ в єдиних координатах

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

5.3 Розрахунок гарантійного терміну САР

Відбувається розрахунок гарантійного терміну САР:

$$T_Г = \frac{T_0}{4 * K_{дн} \cdot M}; \quad (5.7)$$

де $K_{ДН}$ - кількість днів роботи в місяць;

М - кількість місяців роботи за рік.

$$T_Г = \frac{2914,5}{24 * 31 * 12} = 0,65 \, [рік]$$

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

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

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

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

m_j - кількість елементів в групі.

Таблиця 5.7 - Дані для розрахунку тривалості відновлення

Найменування	Кількість m_j	T_{Bj}, год
Термопара ТХА	12	0,3
Термопара ТПР	16	0,3
Термопара ТХК	4	0,3
Метран 150 CG	4	0,2
Метран 150 CD	32	0,2
БП-906/24-8	4	0,1
ДКС-10	32	0,3
РМТ 29 М/1	8	0,5
БРУ-10	36	0,5
БіСТАРТ-Р	36	0,5
МЕО 100/25	36	0,8
Modicon M580	2	0,5
АРМ	4	0,9

Принтер	2	0,3
Сервер	1	0,8
ДБЖ	18	0,2
Switch	1	0,4

$$T_B = =(0,3*32+0,2*36+0,3*6+0,3*8+0,5*36+0,5*36+0,8*36+0,5*2+0,1*4+$$
$$0,2*18+ 0,3*4+0,3*2+0,8*1+0,4*1) = 93,8 \text{ год.}$$

Визначаємо коефіцієнт готовності:

$$K_Г = \frac{1}{1 + \Lambda_{заг.} \cdot T_В} = 0,\ 9677 \qquad (5.9)$$

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

Збільшення надійності системи можна досягти наступними основними методами:

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

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

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

6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

В документації систем автоматизації виконують специфікацію обладнання за ДСТУ 9243.10:2023. Специфікації призначені для читання проектної документації зіставленої на основі замовної документації, організації виготовлення щитової продукції і підготовки проведення робіт по монтажу технічних засобів автоматизації.

Специфікація обладнання складається з розділів:

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

Замовна специфікація наведена в Додатку А.

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

7.1 Організаційне забезпечення цеху гарячої прокатки тонкого листа

Для забезпечення нормальної роботи на підприємстві функціонують спеціальні служби, які виконують свою роботу, підкоряючись адміністрації підприємства по певній структурі управління. Завдання спеціальної служби залежать від структури управління підприємства, від числа і типів встановлених агрегатів і засобів автоматизації, від обсягу виконуваної роботи і так далі.

Одним із структурних підрозділів є цех гарячої прокатки.

Цех гарячої прокатки є невід'ємним ланцюгом металургійного виробництва. Для забезпечення істотного збільшення продуктивності праці, поліпшення якості продукції та інших техніко - економічних показників впроваджені автоматизовані системи управління. Також вони дозволяють вирішувати завдання підвищення рівня організації виробництва, оперативності управління технологічними процесами і в цілому підвищення економічної ефективності виробництва. Одним з найважливіших напрямків удосконалювання управління є створення автоматизованих систем із застосуванням обчислювальної техніки.

Впровадження АСУ ТП методичної печі в цеху гарячої включає у себе встановлення нового обладнання, що повинно призвести до більш ефективного використання ресурсів.

Результати промислової експлуатації підтверджують технічну та економічну доцільність застосування мікропроцесорного обчислювального комплексу для АСУ ТП нижнього і середнього рівня в агломераційному виробництві. Передбачено значне розширення інформаційних функцій, модернізація технічних засобів, алгоритмів і критеріїв управління агломераційним персоналом.

Для ефективного використання робочих кадрів та грошових засобів, підприємство застосовує організацію та планування виробництва.

Обслуговування засобів автоматизації виконує служба КВПіА, яка виконує задачі залежно від числа та типу встановлених засобів вимірювання, від об’єму випуску продукції.

7.2 Режим роботи по цеху гарячої прокатки

Відділ методичних печей у цеху гарячої прокатки працює безперервно.

Працівники КВПіА працюють у двох різних режимах залежно від їхніх обов’язків та функцій, які вони виконують.

Ремонтні робітники виконують ремонт з зупинкою обладнання та працюють завжди по перервному режиму в одну зміну на п’ятиденному тижні.

Чергові робітники мають підтримувати обладнання у працездатному стані у процесі його експлуатації. Вони працюють безперервно у три зміни за чотири бригадним графіком.

7.3 Розрахунок техніко-економічної ефективності АСУ ТП

Розрахунок суми капіталовкладень приведений у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Кошторисна вартість КТЗ

Найменування	Кіль кість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Термопара ТХА 0188	12	92	1104
Термопара ТПР 1788	12	3846	46125
Термопара ТХК 2088	4	136	544
Датчик тиску Метран 150CG	4	2833	11332
Діафрагма ДКС-10	24	3500	84000
Датчик різниці тисків Метран 150CD	24	2833	67992
Показуючий прилад РМТ 29/М2	8	15000	120000
Блок ручного управління БРУ-10 в комплекті з КБЗ	36	2650	95400

Пускач БіСТАРТ-Р	36	1480	53280
Виконавчий механізм МЕО 100/25	36	6000	216000
Модуль живлення 140 CPS 111 00	2	52830	105660
Модуль центрального процесора 140 CPU 113 03	2	120000	240000
Інтерфейсний модуль 140 NOE 211 00	2	42000	84000
Модуль гарячого резерву140 CHS 110 00	2	68000	132000
Модуль розподіленого вводу/виводу 140 CRA 212 10	4	45000	180000
Модуль дискретного виводу 140 DRA 840 00	8	35000	280000
Блок живлення БП-906/24-8	4	700	2800
Джерело безперебійного живлення Powercom RTM-850	18	1200	26400
АРМ	4	12000	48000
Принтер HP Laser Jet	2	1500	3000
Сервер архівування Patriot Tower	1	15000	15000
Комутатор Switch EDGE-6528	1	1450	1450
Всього	–	–	1814087

Враховуючи кількість обладнання та матеріалів, необхідних для реалізації системи, а також ціни на них, сума витрат на закупівлю складає 1814087 грн.

Затрати на установку, монтаж та запуск комплексу технічних засобів складають 10% від його вартості: 181408,7 грн [17].

Таким чином загальна сума капіталовкладень на закупівлю, доставку та монтаж обладнання складає 199495,7 грн.

7.3.1 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ ТП

Одноразові витрати на створення АСУ ТП визначаються за формулою:

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

де $К_{П}^{А}$ - до виробничі витрати;

$К_{К}^{А}$ - капітальні витрати, грн.

Довиробничі витрати на розробку АСУ ТП розраховуються за формулою:

$$К_{П}^{А} = К_{ПР}^{А} + К_{ПО}^{А} + К_{ИО}^{А} \quad (7.2)$$

де $К_{ПР}^{А}$ - витрати на проектування АСУ ТП, грн.;

$К_{ПО}^{А}$ - витрати на розробку програмного забезпечення, грн.;

$К_{ИО}^{А}$ - витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ ТП), грн.

$$К_{П}^{А} = 25300 + 8800 + 5900 = 40000 \text{ грн}$$

Величина капітальних витрат визначаються за формулою:

$$К_{К}^{А} = К_{КТС}^{А} + К_{МОНТ}^{А} - К_{ВЫСВ}^{А} \quad (7.3)$$

де $К_{КТС}^{А}$ - кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн.;

$К_{МОНТ}^{А}$ - витрату на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн.;

$К_{ВЫСВ}^{А}$ - кошторисна вартість технічних засобів, вивільних у результаті впровадження АСУ, грн.

$$К_{К}^{А} = 1814087 + 181408{,}7 - 1649170 = 346325 \text{ грн}$$

$$К^{А} = 40000 + 346325 = 386325 \text{ грн}$$

7.3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ ТП

Розрахунок річних експлуатаційних витрат на функціонування АСУ ТП здійснюється за формулою:

$$З_{ЭКСП} = З_{ЗП} + З_{ЭЛ} + З_{А} + З_{МАТ} + З_{РЕМ} \quad (7.4)$$

де $З_{ЗП}$ - річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування АСУ ТП з відрахуваннями на соціальне страхування, грн.;

$З_{ЭЛ}$ - річна вартість електроенергії, споживаною АСУ ТП, грн.;

$З_{А}$ - річна сума амортизаційних відрахувань, грн.;

$З_{МАТ}$ - річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ ТП, грн.;

$З_{РЕМ}$ - річна вартість ремонту обладнання, грн.

Заробітна плата фахівців в умовах функціонування АСУ ТП залежить від їх чисельності, часу роботи і тарифної ставки. Відрахування на соціальні потреби складають 30% (26% - єдиний соціальний податок, 4% - страхування від нещасних випадків).

Річна вартість електроенергії, споживаної АСУ ТП, визначається за формулою:

$$З_{ЭЛ} = W * T_{ЭФ} * Ц_{Э} \quad (7.5)$$

де W - встановлена потужність КТЗ, кВт;

$T_{ЭФ}$- ефективний фонд часу роботи КТЗ, год.;

$Ц_{Э}$- вартість 1 кВт-год електроенергії, грн.

$$З_{ЭЛ} = 6 * 2540 * 0{,}4 = 6096 \; грн$$

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$З_{А} = \frac{К_{К}^{А} * Н_{А}}{100} \quad (7.6)$$

де $Н_{А}$ - норма амортизації, %.

$$З_{А} = \frac{346325*10}{100} = 343625 \text{ грн.}$$

$$З_{ЭКСП} = 130500 + 6096 + 346235 + 8230 + 32620 = 212078 \text{грн}$$

7.3.3 Розрахунок собівартості продукції після впровадження АСУ ТП

Величина собівартості визначається за передбачені зміни окремих видів витрат, на які впливає впровадження АСУ ТП.

Витрати на сировину і матеріали при функціонуванні АСУ ТП з урахуванням можливого збільшення обсягу виробництва і скорочення витрат на сировину та матеріали складуть:

$$С_М^А = С_М^Б * у\left(\frac{100-В_м}{100}\right) \quad (7.7)$$

$$у = \frac{100+у_1}{100} \quad (7.8)$$

де $С_М^Б$ - витрати на сировину і матеріали до впровадження АСУ ТП, грн.;

$у$ - індекс об'єму виробництва;

$у_1$ - процент збільшення об'єму виробництва в результаті впровадження АСУ ТП, %;

$В_м$ - процент можливого скорочення витрат сировини і матеріалів після впровадження АСУ ТП;

$$у = \frac{100+10}{100} = 1{,}1$$

$$С_М^А = 1814087 * 1{,}1\left(\frac{100-15}{100}\right) = 1696171 \text{ грн}$$

Скорочення витрат сировини і матеріалів при впровадженні АСУ ТП досягається за рахунок стабілізації та оптимізації технологічного процесу, постійного контролю за витрачанням матеріалів, проведення аналізу відхилень фактичних витрат матеріалів від нормативів, що дозволяє забезпечити дотримання планових норм витрат сировини і матеріалів і доведення їх до прогресивного рівня.

Витрати на паливо і енергію на технологічні цілі визначаються за формулою:

$$С_Т^А = С_Т^Б * у\left(\frac{100-В_т}{100}\right) \quad (7.9)$$

де $С_Т^Б$ - витрати на паливо і енергію до впровадження АСУ ТП, грн.;

$В_т$ - процент можливого скорочення витрат палива і енергії після впровадження АСУ ТП, %

$$С_Т^А = 1640160 * 1{,}1\left(\frac{100-17}{100}\right) = 1497466 \text{ грн}$$

Заробітна плата основних виробничих працівників в умовах функціонування АСУ ТП визначається зі врахуванням підвищення об'єму виробництва та співвідношення між темпами приросту середньої заробітної плати та продуктивності праці:

$$С_{ЗП}^{А} = С_{ЗП}^{Б} * [1 + А * (у - 1)] \quad (7.10)$$

де $С_{ЗП}^{Б}$ - заробітна плата з відрахуваннями на соціальні потреби виробничих робітників до впровадження АСУ ТП, грн.;

А - коефіцієнт співвідношення темпів приросту середньої заробітної плати та темпів приросту продуктивності праці.

$$С_{ЗП}^{А} = 170300 * [1 + 1{,}3 * (1{,}1 - 1)] = 192439$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання складаються з умовно-змінної частини, яка змінюється прямо пропорційно зростанню обсягу виробництва, і умовно-постійної частини, яка не залежить від зростання обсягу виробництва.

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання після впровадження АСУ ТП визначаються за формулою:

$$С_{ОБ}^{А} = С_{ОБ.ПЕР}^{Б} * у + С_{ОБ.ПЕР}^{Б} \quad (7.11)$$

де $С_{ОБ.ПЕР}^{Б}$ і $С_{ОБ.ПЕР}^{Б}$ - відповідно умовна-змінна і умовно-постійна частина витрат на утримання та експлуатацію обладнання до впровадження АСУ ТП, грн.

$$С_{ОБ}^{А} = 14230 * 1{,}1 + 9431 = 25084$$

Цехові витрати після впровадження АСУ ТП визначаються за формулою:

$$С_{Ц}^{А} = С_{Ц}^{Б} * \left[1 + (у - 1) * Д_{Ц}\right] \quad (7.12)$$

де $С_{Ц}^{Б}$ - цехові витрати до впровадження АСУ ТП, грн.;

$Д_ц$- коефіцієнт залежності приросту цехових витрат від приросту обсягу виробництва

$$С_Ц^А = 16075 * [1 + (1{,}1 - 1) * 0{,}4] = 16718 \text{ грн}$$

Загальнозаводські витрати після впровадження АСУ ТП визначаються за формулою:

$$С_{ОБЩ}^А = С_{ОБЩ}^Б * [1 + (у - 1) * Д_З] \quad (7.13)$$

де $С_{ОБЩ}^Б$ - цехові витрати до впровадження АСУ ТП, грн.;

$Д_З$ - коефіцієнт залежності приросту цехових витрат від приросту обсягу виробництва

$$С_{ОБЩ}^А = 22864 * [1 + (1{,}1 - 1) * 0{,}3] = 23550 \text{грн}$$

Позавиробничі витрати змінюються пропорційно обсягу виробництва і розраховуються за формулою:

$$С_{ВН}^А = С_{ВН}^Б * у \quad (7.14)$$

де $С_{ВН}^Б$- позавиробничі витрати до впровадження АСУ ТП, грн.

$$С_{ВН}^А = 25095 * 1{,}1 = 27604{,}5 \text{ грн}$$

Собівартість річного випуску продукції після впровадження АСУ ТП складає:

$$С^А = С_М^А + С_Т^А + С_{ЗП}^А + С_{ОБ}^А + С_Ц^А + С_{ОБЩ}^А + С_{ВН}^А + З_{ЭКСП} \quad (7.15)$$

$$С^А = 1696171 + 1497466 + 192439 + 25084 + 16718 + 23550 + 27604 + 212078 = 3691111$$

7.3.4 Розрахунок показників економічної ефективності АСУ ТП

Основними показниками економічної ефективності АСУ ТП є:

- річний приріст прибутку;

- річний економічний ефект;

- розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

- термін окупності витрат.

Річний приріст прибутку визначається за формулою:

$$E_{річ} = \frac{B^{А} - B^{Б}}{B^{Б}} * П^{Б} + \left(C^{Б} - C^{А}\right) * B^{А} \quad (7.16)$$

де $B^{А}, B^{Б}$ - річний випуск продукції до і після впровадження АСУ ТП, грн.;

$C^{А}, C^{Б}$ - витрати на гривню реалізованої продукції до і після впровадження АСУ ТП, грн.;

$П^{Б}$ - прибуток від реалізації продукції до впровадження АСУ ТП, грн.

$$E_{річ} = \frac{48330 - 47980}{48330} * 698800 + (159{,}17 - 157{,}86) * 48330 = 68344$$

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E = E_{річ} - E_{Н} * K^{А} \quad (7.17)$$

де $E_{Н}$ - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень.

$$E_{Н} = 0{,}15$$

$$E = 68344 - 0{,}15 * 386325 = 22175 \; грн$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень на створення АСУ ТП визначається за формулою:

$$E_{р} = \frac{E_{річ}}{K^{А}} \quad (7.18)$$

$$E_{р} = \frac{68344}{386325} = 0{,}22$$

Так, як $E_p > E_H$, то впровадження даної АСУ ТП ефективно.

Термін окупності витрат визначається за формулою:

$$T = \frac{K^A}{E_{річ}} \tag{7.19}$$

$$T = \frac{386325}{68344} = 4{,}5\ року$$

Результати розрахунку економічної ефективності зводимо у таблицю 7.1

Таблиця 7.2 - Результати розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Од. вим.	Значення показника	
		До впровадження АСУ ТП	Після впровадження АСУ ТП
1. Річний обсяг реалізованої продукції	$м^3$	3568025	3655985
2. Собівартість річного випуску продукції	грн.	214387600	214395800
3. Одноразові витрати на створення АСУ ТП: - До виробничі витрати - Капітальні витрати	грн.		 40000 1814087
4. Річний приріст прибутку: - за рахунок підвищення об'єму виробництва - за рахунок зменшення собівартості продукції	грн.		 68344 63845
5. Річний економічний ефект	грн.		67960
6. Розрахунковий коефіцієнт			0,17
7. Строк окупності капітальних вкладень	рік		4,5

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

8.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих факторів

Приміщення КВП і А (контрольно-вимірювальні прилади і автоматика) призначено для обслуговування засобів контролю та управління технологічними процесами цеху гарячої прокатки, що знаходиться безпосередньо в цеховій будівлі. Основні розміри приміщення: ширина - 8м, довжина – 9 м і висота - 3,2 м. У приміщенні знаходиться 3 робочих місця, 2 комп'ютера. У найчисельнішу зміну в приміщенні може перебувати 6 чоловік.

Нормами передбачено, що приміщення, в якому розташований комп’ютер повинно мати об’єм 20 м^3 та площу 6 м^2. У приміщенні КВПіА знаходяться 2 комп’ютери, тому його площа повинна бути не менше 12 м^2, а об’єм не менше 40 м^3. Об’єм приміщення дорівнюється:

$$V=S*h, \text{ м}^3; \tag{8.1}$$

де S – площа приміщення,

h – висота приміщення.

$$S=a*b, \text{ м}^2; \tag{8.2}$$

де a – довжина приміщення,

b – ширина приміщення.

$$S=8*9=72\text{м}^2;$$

$$S=72*3,2=230,4 \text{ м}^3$$

Оскільки площа та об’єм приміщення КВПіА значно більші, то норми виповнюються.

Так як приміщення КВП і А знаходиться в будівлі, де стоять агрегати, які виділяють тепло, виробляють вібрації і шуми, виробляють шкідливості в атмосферу, то стан умов праці на ділянці не відповідає нормальним умовам.

Крім цих постійних шкідливих і небезпечних факторів діють і тимчасові: рух вагонів, кранів та ін., також можливе ураження персоналу електричним струмом, від якого запитані прилади.

Роботи, що виконуються в приміщенні КВП і А відносяться до категорії середньої тяжкості, допустима температура в приміщенні 20-25˚ С, відносна вологість повітря не більше 75%, швидкість руху повітря не більше 0.2 м / с.

До шкідливостей, що виділяються в приміщенні відноситься тепло. Тому приміщення обладнане припливно-витяжною вентиляцією. В системі вентиляції передбачено регулювання температури припливного повітря.

Приміщення знаходиться в цеху без природного освітлення, тому застосовано загальне робоче освітлення, при якому люмінесцентні світильники рівномірно розміщені у верхній зоні приміщення.

У приміщенні КВП і А встановлені комп'ютери, випромінювання моніторів яких може призвести до хвороби очей.

Основними шкідливими чинниками в цеху гарячої прокатки тонкого листа є:

а) фізичні фактори:

- підвищена температура повітря робочої зони
- інфрачервоне випромінювання
- електромагнітне випромінювання
- підвищений рівень шуму на робочому місці.
- підвищене вібраційне навантаження на працівника
- знижена вологість повітря
- відсутність або нестача природного світла;

б) хімічні фактори:

1) димові гази, які проникають в організм людини через органи дихання;

в) психо-фізиологічні фактори:

1) підвищена втома;
2) монотонність праці;
3) емоціональні перевантаження.

Основними небезпечними факторами цеху гарячої прокатки тонкого листа є:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини (можливе ураження електричним струмом);
- рухомі машини і механізми.

Оцінка факторів виробничого і трудового процесу дана для слюсаря КВПіА, обслуговуючого відділ методичних печей представлена у вигляді карти умов праці в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 - Оцінка факторів трудового процесу слюсаря КВПіА

Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас – шкідливі і небезпечні умови роботи і характер праці			Тривалість дії, %
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
Запиленість та загазованість						
неорганічний пил, мг/м^3	6	2,6				75
MnO_2, мг/м^3	0,3	0,25				75
Fe_2O_3, мг/м^3	4	5	1,25			75
CO, мг/м^3	20	5				75
Шум, дБА	80	95		15		80
Вібрація	92	97		5		75
Мікроклімат в приміщенні (теплий період)						
Температура повітря в приміщенні КВПіА, С	22	30		8		75
Температура повітря в цеху, С	25	35			10	75

Вологість повітря в приміщенні КВПіА, %	60	50	10			75
Вологість повітря в цеху, %	60	40	20			75
Рухливість повітря в приміщенні КВПіА, м/с	0,3	0,35	1,17			75
Рухливість повітря в цеху, м/с	0,4	0,45	1,125			
Освітленість						
освітлення штучне значення, лк	200	100				75

Робота слюсаря КВПіА пов`язана з постійною ходьбою, переноскою невеликих за вагою вантажів. Загальні енерговитрати не перебільшують 250 ккал/г. Таким чином роботу оператора-технолога можна віднести до робіт середньої тяжкості (категорія IIб).

Шум звукового діапазону уповільнює реакцію людини на сигнали що надходять від технічних пристроїв, також призводить до зниження уваги і збільшення помилок при виконанні різних видів робіт. Шум пригнічує центральну нервову систему (ЦНС), викликає зміни швидкості дихання і пульсу, сприяє порушенню обміну речовин, виникненню серцево-судинних захворювань, виразки шлунка, гіпертонічної хвороби. Медичні обстеження працівників чергового персоналу в цеху показали, що крім зниження продуктивності праці високі рівні шуму призводять до погіршення слуху. Тривале знаходження людини в зоні комбінованого впливу різних несприятливих факторів може призвести до професійного захворювання.

Вплив виробничої вібрації на людину викликає зміни як фізіологічного, так і функціонального стану організму людини. Зміни у функціональному стані організму проявляються в підвищенні стомлюваності, збільшення часу рухової і зорової реакції, порушення вестибулярних реакцій та координації рухів. Все це веде до зниження продуктивності праці. Зміни у фізіологічному стані організму - у розвитку нервових захворювань, порушення функцій

серцево-судинної системи, порушення функцій опорно-рухового апарату, ураженні м'язових тканин і суглобів, порушенні функцій органів внутрішньої секреції. Все це призводить до виникнення вібраційної хвороби.

Дія пилу на шкірний покрив зводиться в основному до механічного подразнення. Внаслідок такого роздратування виникає невеликий свербіж, неприємне відчуття, а при розчісуванні може з'явитися почервоніння і деяка припухлість шкірного покриву, що свідчить про запальний процес. Порошинки можуть проникати в пори потових і сальних залоз, закупорюючи їх і тим самим ускладнюючи їх функції. Це призводить до сухості шкірного покриву, іноді з'являються тріщини, висипки. Потрапивши разом з пилом мікроби в закупорених протоках сальних залоз можуть розвиватися, викликаючи гнійничкові захворювання шкіри - піодермії. Закупорка потових залоз пилом в умовах гарячого цеху сприяє зменшенню потовиділення і тим самим ускладнює терморегуляцію.

Дія пилу на верхні дихальні шляхи зводиться до їх подразнення, а при тривалому впливі - до запалення. У початкових стадіях воно проявляється у вигляді першіння в горлі, кашлю, відхаркування брудної мокротою. Потім з'являється сухість слизових, скорочення відділення мокроти, сухий кашель, хрипота; в деяких випадках при впливі пилу хімічних речовин можуть з'явитися виразки слизової оболонки носа [19].

8.2 Електробезпека

У приміщенні встановлено електрообладнання на напругу 220В, отже воно відноситься до електроустановки до 1000 В. Мережі з напругою до 1000 В мають глухо заземлену нейтраль. Нейтраль живильного трансформатору має електричне з’єднання з землею. Це робиться для того, щоб однофазні споживачі такої мережі навіть при несиметричному навантаженні отримували однакове електроживлення з напругою рівною фазній - 220 В.

У результаті аналізу виробничих приміщень було виявлено, що приміщення КВП і А відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. У

приміщенні знаходиться обчислювальна техніка. Максимальні значення живлячої напруги 220В, струм 1.5 А, частота 50 Гц.

В приміщенні КВПіА прилади, комп'ютери та інше електричне обладнання об'єднані однофазною трьох провідною (фаза, робочий нуль та захисне заземлення) мережею.

Тому доцільно в даних приміщеннях застосувати контурне заземлення електрообладнання.

Для захисту від ураження током застосовують такі технічні захисні заходи регламентовані ПУЕ:

- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції.
- захисне заземлення [20].

8.3 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Ділянка нагрівальних печей відноситься до вибухонебезпечної категорії (категорії Г), оскільки до печі подається паливо та повітря [24].

Виходячи з того, що в приміщенні КВП і А використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані, приміщення можна віднести до категорії Д [21].

За класом можливих пожеж приміщення можна віднести до категорії Е (горіння електроустаткування) [21]. Пожежна небезпека електроустановки обумовлена наявністю горючих ізоляційних матеріалів. Горючими є ізоляція обмотки трансформатора, котушок реле, контрольно-вимірювальних приладів, проводів та кабелів. Значну пожежну небезпеку становлять комутаційні апарати, в яких при відключенні струмів виникає небезпечне іскроутворення.

Щоб уникнути загроз опіків або отруєнь людей під час пожежі слід організувати швидку евакуацію з палаючого приміщення. Швидкість евакуації залежить від пристрою шляхів евакуації і правильної організації.

Евакуація обслуговуючого персоналу у разі виникнення пожежі забезпечується через евакуаційні виходи, передбачено – два [22]. План евакуації представлений на рис. 8.1.

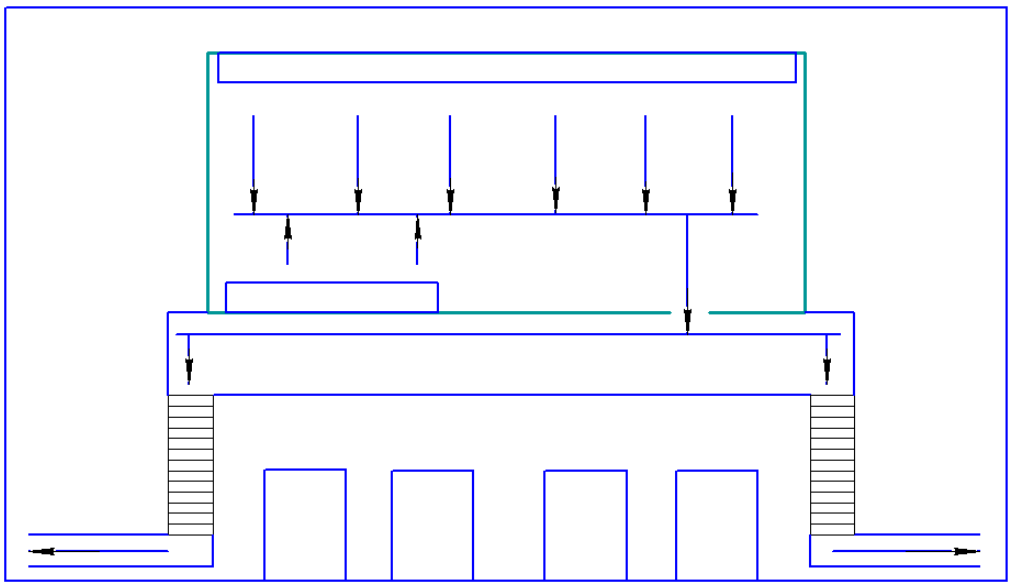


Рисунок 8.1 – План евакуації у разі виникнення пожежі

Виробничі приміщення цеху залежно від приналежності до певної категорії пожежної небезпеки обладнані різними засобами пожежогасіння. Приміщення КВПіА цеху гарячої прокатки обладнане наступними:

- пожежні щити з необхідним інвентарем - 1 шт.
- ящики з піском - 1 шт.
- вогнегасники - ВП-10А - 2шт.

Для попередження пожеж, що виникають від коротких замикань, на лініях і відгалуженнях електричних мереж послідовно встановлюють запобіжники. При проходженні надмірного струму плавкі запобіжники перегорають і тим самим розривають електричний ланцюг, запобігаючи небезпечному в пожежному відношенні нагріву дротів.

Для запобігання розповсюдженню пожежі дотримуються протипожежних розривів між будівлями та установками.

8.4 Засоби індивідуального захисту

Відповідно до умов праці в приміщені КВПіА цеху гарячої прокатки необхідним є забезпечення працівників наступними засобами індивідуального захисту:

- каска – призначена для захисту голови від механічних ушкоджень (Період використання – 24 місяці);
- протишумні вкладиші «беруші» – для захисту органів слуху від промислового шуму;
- спецодяг від загальних промислових забрудників (період використання – 24 місяці);
- робоче взуття (період використання – 24 місяці);
- рукавиці (період використання – 15 днів);
- куртка ватяна в зимовий час (період використання – 36 місяців).

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено проєкт автоматизації прохідної методичної печі.

Представлена характеристика методичних печей та прокатного стану та описаний технологічний процес нагріву злитків. Розглянуто існуючий рівень автоматизації з виявленням недоліків діючої системи.

Було обґрунтовано цілі створення системи управління, визначено інформаційні функції та функції регулювання. Була підібрана апаратна частина системи автоматизації та проведено компонування контролера. В якості прикладного програмного забезпечення для контролера Modicon M580 була обрана SCADA-система InTouch.

Була розроблена математична модель для отримання заданої якості нагріву металу при відомій продуктивності.

Було розглянуто розподіл інформації по рівням АСУТП, визначені алгоритми управління по кожному контуру та на основі цієї інформації розроблено FBD-програму управління роботою методичних печей.

Розроблено технічні документацію на систему автоматизації: функціональну схему, принципову електричну схему та схему зовнішніх з’єднань.

Розрахована надійність системи. У результаті розрахунків був визначений гарантійний термін роботи, який складає 4,5 роки.

При розрахунку техніко-економічних показників було виявлено що для впровадження системи потрібно вкласти 199495,7 грн. Термін окупності системи складає близько 0,65 роки.

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

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріалознавство та технологія матеріалів. URL: https://stud.com.ua/173366/tehnika/nagrivalni_pristroyi (дата звернення 25.04.2025).

2. Методична піч. URL: https://leksika.com.ua/12620521/ure/metodichna_pich (дата звернення 25.04.2025).

3. Схеми матеріальних та інформаційних потоків. URL: https://stud.com.ua/120677/informatika/vzayemozvyazok_materialnih_informatsiynih_potokiv (дата звернення 30.04.2025).

4. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. [Чинний від 1994-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1993. 15 с. (Інформація та документація).

5. ДСТУ 2709-94. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. [Чинний від 1995-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1994. 10 с. (Державна система забезпеченні єдності вимірювань).

6. ДСТУ 3396.1-96. Технічний захист інформації. Порядок проведення робіт Защита информации Техническая защита информации. Порядок проведения работ. [Чинний від 1997-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1996. 6 с.

7. Тимчасові рекомендації щодо розроблення розділу із захисту інформації в технічному завданні на створення автоматизованої системи. [Чинний від 1996-08-01]. Київ : Державна служба України з питань технічного захисту інформації, 1996. 14 с.

8. Термопари. URL: http://teplomehanika.ru/teplopribor_tpp_tpr.htm (дата звернення 03.05.2025).

9. Перетворювач тиску Метран 150. URL: https://ukrpromcentr.com.ua/ua/p854753881-preobrazovatel-davleniya-datchik.html (дата звернення 03.05.2025).

10. Реєстратор багатоканальний РМТ 29/М1. URL: https://surli.cc/ghokga (дата звернення 03.05.2025).

11. Блок ручного управління БРУ-10. URL: https://surl.li/arqowh (дата звернення 03.05.2025).

12. Електричний виконавчий механізм МЕО-100/25. URL: https://kip-elektro.com.ua/mehanizm_ispolnitelnyy_meo-100_25-025i_220v_uk (дата звернення 03.05.2025).

13. Промисловий контролер Modicon M580. URL: https://www.electrocentr.com.ua/ru/products/plc/m580.html (дата звернення 06.05.2025).

14. SCADA-системи AVEVA InTouch URL: https://www.electrocentr.com.ua/ua/products/software_and_scada/scada/aveva_intouch.html (дата звернення 06.05.2025).

15. Клюєв О. С., Глазов Б. В. Проєктування систем автоматизації технологічних процесів. 1990. 464 с.

5.РД50–34.698-90. Комплекс стандартів та документів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи вимог к змісту документів.

16. Полянський Г. О. Надійність та діагностика : методичні вказівки до практичних занять і контрольних робіт. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 26 с.

17. Барішенко О.М. Контрольна робота з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень». Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 26с.

18. Панасейко С.П Гігієна праці і виробнича санітарія. - Запоріжжя: ЗДІА, 2004 - 220с.

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

20. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Львів : Афіша, 2000. 351с.

21. Панасейко С.П. Гігієна праці і виробнича санітарія. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 220с.

22. Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства. ДНАОП 0.00-4.09-93.

ДОДАТОК А
Замовна специфікація

Позиція	Найменування та технічна характеристика обладнання й матеріалів,завод виробник	Тип, марка обладнання	одиниця вимірювання		Код завода-виробника	Код обладнання, матеріалу	Ціна одиниці, грн	Кількість	Маса одиниці обладнання, кг
			Наймен.	Код					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1. Прилади та засоби автоматизації								
1, 3, 5, 7, 8, 10, 11	Термоелектричний перетворювач	ТПР 1888	шт.				500	4	
	Перетворювач тиску	MBS 3000	шт.				3000	3	
2, 4, 6, 14, 17, 20	Електропривод	М9100	шт.				5000	6	
12, 13, 15, 16, 18, 19	Диференціальний перетворювач тиску	ПД200-ДД	шт.				15000	6	
9	Перетворювач частотний	GD200-250G	шт.				300000	1	
	2. Агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки								
	Мікроконтролер у комплекті Simatic s7-400:								
	Блок живлення	PM 1207	шт.				8000	1	
	ЦПУ	CPU 1215C	шт.				15000	1	
	Модуль аналогового вводу	SM 1231 TC	шт.				13000	1	
	Модуль аналогового вводу-виводу	SM 1234	шт.				12000	1	
	Панель оператора	KP600	шт.				15000	1	
	3. Шафи управління								
	Шафа автоматики	ПШ-ц 1284	шт.				3000	1	
	4.Електроапаратура								
	Клемна колодка АСКО	60А	шт.				50	2	
	Пакетний вимикач	ПВ3-16	шт.				30	5	
	Плавка вставка	ПВ-50	шт.				40	5	
	5.Трубопровідна арматура								
	Гофротруба	220 ТМ	м				10	500	
	6.Кабелі та дроти								
	Кабель контрольний	КВВГ 4х10	м				24	600	
	Кабель силовий	ВВГ 3х10	м				15	700	
	Провід	ПТГВ-ХА 2х2,5	м				10	300	