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 ковпакової печі в умовах металургійного виробництва. Система автоматичного регулювання температури в печі

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)
В. В. Сидоренко
(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Міняйло Н. О
(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 ЕІКФС
_____ Коваленко В.Л.
"___" _____ 20__ року

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

Сидоренку Віталію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доц. Міняйло Н. О.		
2	доц. Міняйло Н. О.		
3	доц. Міняйло Н. О.		
4	доц. Міняйло Н. О.		
5	доц. Міняйло Н. О.		
6	доц. Міняйло Н. О.		
7	доц. Міняйло Н. О.		
8	доц. Міняйло Н. О.		

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	
2	Розробка схеми інформаційних потоків	21.04-27.04.25	
3	Розробка технічного завдання	28.04-04.05.25	
4	Вибір структури та складу програмно-технічного комплексу	05.05-11.05.25	
5	Проєктування системи автоматизації ковпакової печі	12.05-18.05.25	
6	Розробка технічної документації	19.05-25.05.25	
7	Розрахунок системи автоматизації та показників її надійності	26.05-01.06.25	
8	Розрахунок техніко-економічних показників	02.06-05.06.25	
9	Розгляд питань охорони праці та техногенної безпеки	06.06-10.06.25	
10	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю, підготовка доповіді	11.06-16.06.25	

Студент _____ Віталій СИДОРЕНКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Наталія МІНЯЙЛО
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

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

РЕФЕРАТ

Сидоренко В. В. Проєкт автоматизації ковпакової печі в умовах металургійного виробництва. Система автоматичного регулювання температури в печі.

Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», науковий керівник Н. О. Міняйло, Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2025.

Метою роботи є розробка системи автоматизації процесом відпалу рулонів сталі у ковпакових печах цеху холодного прокату металургійного підприємства

У загальній частині надана характеристика ковпакової печі, а також описаний технологічний процес відпалу рулонів. Розглянуто існуючий рівень автоматизації, вказані його недоліки та сформульовано завдання на проектування системи автоматичного регулювання. Розроблена схема матеріальних та інформаційних потоків. У спеціальній частині розроблена функціональна схема автоматизації ковпакової печі, вибрані технічні засоби автоматизації. Розроблені принципова електрична, монтажна комутаційна схеми, принципово електрична схема живлення, схеми зовнішніх з'єднань, спроектований щит КПіА. Виконана проектна оцінка надійності САР. У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних на шкідливих факторів на території цеху холодного прокату.

В економічній і організаційній частині проведений розрахунок необхідної кількості робочого і обслуговуючого персоналу. Виконано розрахунок економічного ефекту від впровадження системи автоматизації.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, восьми розділів, висновків, переліку джерел посилання з 19 найменувань, викладена на 102 сторінках машинописного тексту, включаючи 13 рисунків, 14 таблиць та додаток на 2 аркушах.

Ключові слова: ковпакова піч, рулони, відпал, регулювання, контролер, проэкт, система автоматизації

ЗМІСТ

Вступ…… 8
1 Вивчення особливостей функціонування ковпакової печі. Аналіз існуючого рівня автоматизації…….. 10
1.1 Ковпакова піч і алгоритм його роботи…… 10
1.2 Технологічний процес як об’єкт автоматизації……. 13
1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації вілпалу рулонів сталі…… 15
1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків……. 16
1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об`єктах підприємств України та Зарубіжжя……..... 18
1.6 Недоліки існуючої системи управління…….. 19
2 Розробка технічного завдання…… 22
2.1 Вимоги до системи в цілому……..... 22
2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи……. 22
2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи та режиму його роботи…… 27
2.1.3 Вимоги до надійності системи…….. 28
2.1.4 Вимоги до безпеки……. 28
2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження системи і окремих елементів……. 29
2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу…… 30
2.1.7 Вимога до збереження інформації при аваріях…….. 30
2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів…….. 30
2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації…….. 30

2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою…… 31
2.3 Вимоги до видів забезпечення……. 31
2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення…… 31
2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення……. 32
2.3.3 Вимоги до програмного забезпечення…… 32
2.3.4 Вимоги до технічного забезпечення…… 33
2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення……. 33
2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення…… 33
3 Проєктування системи автоматизації…… 35
3.1 Вибір та обґрунтування функціональний структури системи автоматизації…….. 35
3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру……..... 35
3.3Вибір математичної моделі системи управління…… 36
3.4 Вибір та обгрунтування технічних засобів нижнього рівня СА…….. 38
3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади…… 38
3.4.2 Промислові контролери……... 42
3.4.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи……. 51
4 Розробка технічної документації……... 61
4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління ковпаковою піччю…….. 61
4.2 Принципова електрична схема по каналу регулювання технологічної величини…….. 64
4.3 Принципова електрична схема живлення контуру регулювання температури у робочому просторі печі……. 64
4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА ……..... 65

4.5 Зовнішній вид щита та вид на внутрішні панелі…… 65
4.6 Схема зовнішніх з'єднань по каналу регулювання технологічної величини…….. 66
5 Розрахунок надійності системи автоматизації……. 67
6 Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів системи автоматизації……... 71
7 Організаційне забезпечення системи автоматизації та розрахунок техніко – економічних показників…… 72
7.1 Розрахунок економічної ефективності розроблених заходів…… 73
7.1.1 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ 74
7.1.2 Розрахунок собівартості продукції після впровадження АСУ…… 77
7.1.3 Розрахунок показників економічної ефективності АСУ……... 81
8 Охорона праці та техногенна безпека…… 84
8.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища…….. 84
8.2Заходи з поліпшення умов праці……. 88
8.2.1 Вентиляція і кондиціонування……. 88
8.2.2 Освітлення…….. 89
8.2.3 Виробничий шум і вібрація……. 91
8.2.4 Виробниче випромінювання……. 92
8.3 Виробнича санітарія……. 92
8.4 Електробезпека……. 93
8.5 Заходи пожежної безпеки. Техногенна безпека…….. 95
8.6 Засоби індивідуального захисту……. 97
Висновки…….. 98
Використані джерела……. 99
Додаток А…… 101
Додаток Б…… 102

ВСТУП

Підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, що випускається, ефективність підприємства і підвищення рівня безпеки на виробництві - все це можливо завдяки стрімкому розвитку технологій та автоматизації технологічних процесів і виробництв. Якщо раніше на виробництві основну масу роботи виконували люди, то сьогодні завдяки автоматизації 90% цієї ж роботи виконується механізмами і автоматичними системами. Саме тому автоматизація технологічних процесів і виробництв є найважливішою частиною розвитку сучасної промисловості, а також пріоритетним напрямком в технічних науках, розробках і технічному прогресі в цілому.

Завдяки автоматизації технологічних процесів і виробництв потрібно менше виділяти часу на контроль виробництва, тому напрямок роботи людини змістився в бік аналізу діяльності і на обслуговування безперебійної роботи технологій. Впровадження автоматизації на підприємстві допомагає знизити ризик виробничих травм, забезпечує високу безпеку праці, а також, що важливо, бере на себе трудомісткі і фізично важкі для людини обсяги роботи. Сьогодні для автоматизації виробничих процесів використовуються сучасні програмно-апаратні засоби інформаційних технологій, починаючи від моделювання технічних розробок та автоматизованих комп'ютерних систем.

Підприємство будь-якої галузі і напрямів – це складна система, в якій поєднуються різні функції, починаючи від прийому сировини, її обробки, виготовлення продукції, зберігання і закінчуючи вивозом готового виробу за межі виробництва. Механізми підприємства повинні працювати злагоджено, організовано, людський ресурс та автоматика повинні доповнювати один одного - адже це єдиний безперервний процес.

Тому автоматизація технологічних процесів і виробництв дає можливість організувати функціонування підприємства, при якому рівень продуктивності

праці виростає в рази, зменшується витратна частина виробництва, якість продукту стає більш конкурентоспроможною на ринку збуту.

Основними цілями автоматизації технологічного процесу є:

- скорочення чисельності обслуговуючого персоналу;
- збільшення обсягів випущеної продукції;
- підвищення ефективності виробничого процесу;
- підвищення якості продукції;
- зниження витрат сировини;
- підвищення ритмічності виробництва;
- підвищення безпеки;
- підвищення екологічності;
- підвищення економічності.

Цілі досягаються за допомогою вирішення наступних завдань автоматизації технологічного процесу:

- поліпшення якості регулювання;
- підвищення коефіцієнта готовності обладнання;
- поліпшення ергономіки праці операторів процесу;
- забезпечення достовірності інформації про матеріальні компоненти, які застосовуються у виробництві;
- зберігання інформації про хід технологічного процесу і аварійних ситуаціях.

Автоматизація технологічних процесів в рамках одного виробничого процесу дозволяє організувати основу для впровадження систем управління виробництвом і систем управління підприємством.

1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОВПАКОВОЇ ПЕЧІ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Ковпакова піч і алгоритм її роботи

Відпал холоднокатаних рулонів сталі відбувається у термічному відділенні. Термічне відділення призначене для світлого відпалу рекристалізації міцно змотаних холоднокатаних рулонів і пом'якшувального відпалу гарячекатаних рулонів. Рекристалізаційний відпал застосовується для зняття наклепу холоднокатаного металу і відновлення його пластичних властивостей.

Для відпалу металу у відділенні встановлені газові ковпакові печі. Печі згруповані в блоки. У відділенні 16 блоків печей: 15 блоків з відпалом в атмосфері HNx-газу і один блок з відпалом в атмосфері сухого водню.

До складу блоків 2-11, 17-19 входить по 15 стендів, 6 нагрівальних ковпаків, 15 муфелів, комплект конвекторних кілець.

До складу блоків №№15,16 входить по 21 стенду, 8 нагрівальних ковпаків, 21 муфелів, комплект конвекторних кілець.

Стенди блоків №2-9, 15, 16, 19 обладнані вдосконаленими направляючими апаратами, крилатками і конвекторними кільцями. Для прискорення процесу охолодження під муфелем у відділенні використовуються ковпаки прискореного охолодження (КПО), додаткові кільцеві пристрої, що охолоджують, на стендах блоку № 5. Для видалення продуктів згорання кожен блок має систему боровів, приймальні патрубки (по два на кожен стенд) і, для посилення тяги, димар заввишки 25-32м з ежектором. Газові ковпакові печі опалюються природним газом.

Тиск газу в цеховому колекторі не менше 0,80 кгс/см^2, оптимальний тиск в умовах стабільного завантаження відділення 0,85-0,90 кгс/см^2, в умовах різкої зміни (зменшення) кількості працюючих ковпаків 0,90-0,95 кгс/см^2.

Як паливоспалювальні пристрої на ковпаках встановлено по 8 інжекційний - атмосферних пальників, розташованих тангенціально в один ярус в нижній

частині нагрівального ковпака. Продукти згорання з-під нагрівального ковпака по двох димових трубах, обладнаних повітряними ежекторами, віддаляються в систему боровів і далі на димову трубу.

Повітря на ежектори подається від вентиляційної станції цеху з тиском в колекторі 300-400 мм вод. ст.

На печах блоків 15-19 застосовується безежекторна система видалення продуктів згорання. Між димовими трубами нагрівального ковпака і димоприймальними патрубками боровів є розрив, що забезпечує незалежність тиску під нагрівальним ковпаком від розрідження в димопровідній системі.

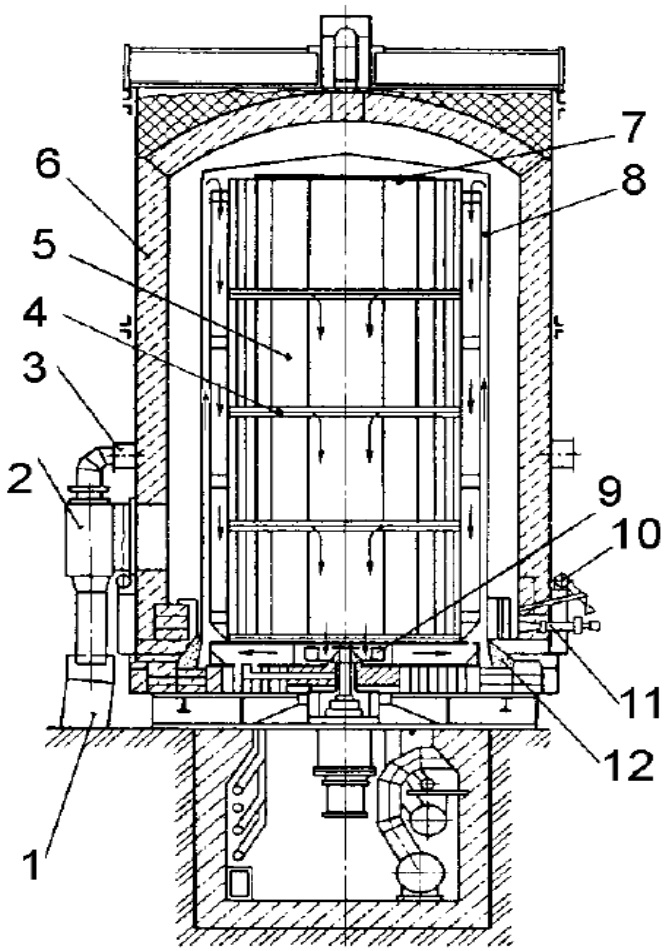
Для зменшення підсосу повітря з довкілля в димопровідну систему на приймальних патрубках стендів передбачені відкидні кришки, які мають бути закриті за відсутності на стенді працюючого нагрівального ковпака.

Технічні характеристики газової ковпакової печі приведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики газової ковпакової печі

Параметр	Одиниці вимірювання	Значення
максимальна витрата газу на один ковпак	$м^3/ч$	62-68
максимальна витрата газу на один пальник	$м^3/ч$	8,4
максимальна витрата повітря для двох ежекторів	$м^3/ч$	400
теплотворна здатність природного газу	ккал	8050
мінімальний тиск захисного газу перед печами	мм вод.ст.	60
тиск природного газу	$кгс/см^2$	0,80-0,95
загальна кількість димових газів після ежекторів	$м^3/ч$	1300
максимальна кількість продуктів згорання	$м^3/ч$	900

Конструкція ковпакової печі зображена на рисунку 1.1.



1 – вхід в димовий боров; 2 – інжектор; 3 – кільцевий канал стисненого повітря; 4 – конвекторне кільце; 5 – рулон; 6 – нагрівальний ковпак; 7 – кришка; 9 –робоче колесо вентилятора; 10 – газопровід; 11 – пальник; 12 – пісочний затвор

Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд ковпакової печі

Нагрівальним ковпаком є зварний металевий кожух циліндрової форми, футерований усередині волокнистим матеріалом. Товщина футерування складає 230 мм.

Стенд є зварною металоконструкцією з вуглецевої сталі, що складається із зовнішньої частини круглої форми і днища. В центрі днища є отвір для установки вентилятора і опорної стійки направляючого апарату.

Муфель забезпечує герметичність садки рулонів і тим самим захищає метал від окислюючої дії пічних газів.

Між рулонами і на опорну стійку направляючого апарату укладаються конвекторні кільця, що забезпечують інтенсивну теплопередачу між захисним газом і торцями рулонів:

Спеціальна кришка є восьмигранником, виготовленим з листової конструкційної сталі.

1.2 Технологічний процес як об’єкт автоматизації

Перед упаковкою металу на стенд терміст прокату зобов'язаний:

- очистити його від сміття, піску, пилу;

- перевірити на стенді стан труб, що підводять і відводять захисний газ, щоб вони не були закупорені піском, сміттям, і вихід газу з подаючих труб був з натиском;

- візуально перевірити стан і положення термопар;

- перевірити роботу вентиляторів короткочасним включенням;

- перевірити стан стенду, чистоту і кількість піску, необхідного для створення пісочного затвору;

- перевірити надходження води на охолодження електродвигуна в приймачах блоків.

В разі несправності стенду, упаковку металу на відпал не проводити до усунення причин несправності.

Після перевірки стану стенду і визначення його придатності до роботи терміст прокату дає усний дозвіл завантажувачу печей на упаковку стенду металом. Установка металу на стенд проводиться завантажувачем печей спільно з термістом, що готував стенд до упаковки.

Для створення щільного пісочного затвору використовується пісок класу 2К з розосередженою зерновою структурою - середній.

Рулони для відпалу, що щільно зв'язали металевою стрічкою, встановлюються на стенді в стопу за допомогою кліщового захвату. В разі обриву пакувальної стрічки завантажувач печей повинен зв'язати рулон сталевою стрічкою по колу. Обов'язково перевіряється наявність маркування на прокаті і її відповідність супровідній картці-партії на відповідний рулон.

Установка рулонів на стенд в стопу повинна проводитися акуратно, плавно, без ударів. Пошкодження кромки і поверхні рулонів не допускаються. Зверху внутрішній отвір стопи закривається кришкою. Забороняється упаковувати на стенд рулони з розпушеними витками.

Після упаковки стенду садка металу накривається муфелем.

Перед установкою муфеля на стенд шляхом візуального огляду перевіряється його цілісність (відсутність тріщин і інших дефектів). Муфель необхідно опускати плавно, кран на вихлопі захисного газу має бути відкритий, на подачі закритий (щоб уникнути вибивання пісочного затвора).

Після установки муфеля довкола нього ретельно підгортається пісок для створення щільного пісочного затвору (висота пісочного насипного конусного затвору не менше 200 мм) і відкривається кран подачі захисного газу для продування підмуфельного простору печі. Перевіряється наявність тиску підмуфельного простору шляхом відкриття заглушки контрольного патрубка з використанням засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

Тривалість холодного продування підмуфельного простору для всіх груп сталей встановлюється не менше півгодини (30 хв.), для металу експортного призначення - не менше 1 години.

Режими гарячого продування здійснюються відповідно до технологічних карт.

Після закінчення продування вентиль вихлопної труби закривається. Захисний газ продовжує безперервно подаватися під муфель через вхідний вентиль до зняття муфеля. Перевіряється наявність тиску захисного газу відкриттям заглушки патрубка на вихлопі.

Після накриття садки муфелем проводиться установка на стенд нагрівального ковпака.

Перенесення нагрівального ковпака проводиться головним підйомом електромостового крану. При установці нагрівального ковпака необхідно, щоб направляючі кільця ковпака вільно сідали на направляючі стійки стенду.

Після установки ковпака проводиться пуск печі.

Після підключення системи управління нагрівом проводиться підключення природного газу і ежекторного повітря.

Проводиться розпалювання пальників .

Нагрів металу проводиться при справно працюючих пальниках і здійснюється:

- тепловипромінюванням від нагрітої стінки муфеля;

- конвекцією від циркулюючого захисного газу: циркуляційний вентилятор направляє захисний газ в простір між стінкою муфеля і стопою металу, де газ нагрівається від стінки муфеля, піднімається вгору і, проходячи через конвекторні прокладки (кільця), нагріває торці рулонів, а потім опускається вниз. Така подача тепла є найбільш сприятливою, оскільки теплопровідність рулонів в радіальному напрямі із-за прошарків повітря між витками значно (приблизно, в 10 разів) менше, ніж в осьовому напрямі.

Тепловий режим відпалу складається з трьох періодів:

- нагрів печі до заданої температури;

- витримка при температурі 650 – 710 ˚С протягом 14 - 25 годин в залежності від марки сталі;

- охолодження під муфелем до t = 140°С (зняття муфеля при температурі вище 140 ° С призводить до окислення поверхні полоси).

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації відпалу рулонів сталі

Автоматизована система управління відпалом рулонів сталі надає можливість приймати остаточне рішення в кожній конкретній ситуації оператору.

Автоматизована система управління відпалом рулонів сталі структурно складається з двох частин:

- робочих станцій, розміщених у шафах управління на групах ковпакових печей (нижній рівень),

- автоматизованого робочого місця начальника ділянки, розташованого в приміщенні начальника ділянки (верхній рівень). Зв'язок між верхнім і нижнім рівнем здійснюється за допомогою локальної обчислювальної мережі.

- автоматизованого робочого місця начальника ділянки, розташованого в приміщенні начальника ділянки. Зв'язок між верхнім і нижнім рівнем здійснюється за допомогою локальної обчислювальної мережі.

Електричне і програмоване обладнання нижнього рівня призначено для збору, гальванічної розв'язки і нормалізації сигналів датчиків технологічних параметрів, приладів КВП груп ковпакових печей, видачі керуючих впливів на виконавчі механізми згідно заданою програмою, і для передачі інформації про технологічні параметри на монітор локального пульта управління та на робочу станцію начальника ділянки.

Таким чином, існуюча АСУТП є однорівневою системою управління, територіально зосередженою з централізованим управлінням.

В системі відсутній інформаційний канал зв’язку з верхніми рівнями інтегрованої системи автоматизації (рівні MES і MRP). Зосередження усіх функцій управління в одній робочій станції знижує надійність АСУТП і вимагає додаткових витрат на придбання кабельних виробів та виконання монтажних робіт.

1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків

Управління технологічним процесом - інформаційний процес, що забезпечує виконання якого-небудь матеріального процесу і досягнення певної мети.

Інформаційне забезпечення АСУ ТП включає здобуття, перетворення, зберігання, обробку і передачу дії, що управляє.

З позиції АСУ ТП інформація ділиться на вхідну, проміжну і вихідну. Вхідна інформація є даними, що поступають від первинних вимірювальних приладів, які встановлені на технологічному агрегаті. Проміжна інформація - інформація виходить в процесі обробки і перетворення. Вихідна інформація є діями, що управляють. Вихідною інформацією також є дані про хід технологічного процесу.

Точність інформації про хід технологічного процесу і достовірна передача її операторові, визначає виконання заданих режимів термообробки. Для зручності представлення інформації операторові на верхньому рівні автоматизації використовується SCADA система, яка дозволяє, в реальному режимі часу, контролювати технологічний процес.

Таким чином, для якісного ведення процесу нагріву металу необхідно мати уявлення про процес, як про систему технологічного устаткування і інформаційних потоків усередині цієї системи.

Вихідний матеріал, що поступає на об'єкт управління, - сортовий прокат, кінцева продукція - термічно оброблений метал. На об'єкт, окрім сортового прокату подається газ і повітря, а віддаляються димові гази.

Нормуючі перетворювачі передають інформацію на контролер. Ці перетворювачі призначені для організації взаємодії між контролером і датчиками безперервних і дискретних параметрів, а також для видачі дій, що управляють, на виконавчі механізми (ВМ).

Виконавчі механізми здійснюють управління подачею газу і повітря. Обробляючи інформацію, контролер виробляє управляючу дію на ВМ.

Інформація про хід технологічного процесу з контролера поступає на ЕОМ верхнього рівня, яка відповідно до алгоритму управління, вводить в контролер технологічні завдання. Використовуючи SCADA систему оперативний персонал контролює технологічний процес і в разі відхилення, вводить корегуючі завдання.

Оперативне управління технологічним процесом здійснюється за допомогою щита управління.

В разі виникнення аварійних ситуацій контролер видає в схему сигналізації сигнал на зупинку роботи печі.

Для проведення планування і аналізу роботи цеху необхідні документи, що містять технологічні і економічні звіти про роботу цеху за вибраний період часу. Формами представлення звітної документації є: змінний, добовий, місячні звіти про роботу термічного цеху; поточна інформація про роботу печі або групи печей, видається на запит операторського персоналу цеху, вона може бути запрошена з МРВ або з контролера, який у свою чергу також має базу даних де зберігаються відомості про хід технологічного процесу.

Схему інформаційних потоків приведено рис. 1.2.

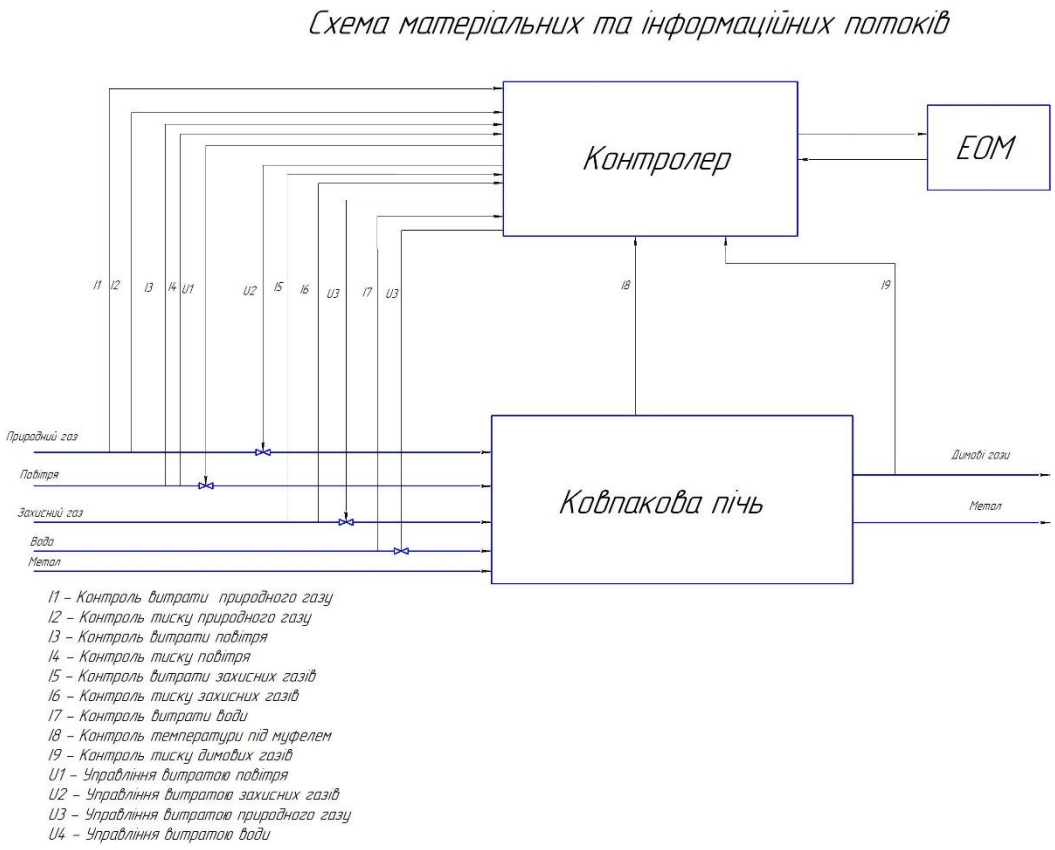


Рисунок 1.2 – Схема інформаційних потоків

1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об`єктах підприємств України та Зарубіжжя

У практиці виробництва холоднокатаного листа використовується математична модель, яка істотно дозволяє економити енергоресурси, а також

скорочує час відпалу металу. В рамках проекту проведено модернізацію системи управління відпалом металу в ковпакових печах з використанням сучасних засобів автоматизації: існуюча система управління доповнена математичними моделями HeadMod і SteckSet, що дозволяють вести процес відпалу більш ефективно.

За перший же місяць з моменту завершення проекту з модернізації системи управління відпалом металу (липень) збільшилася продуктивність ковпакових печей в середньому на 6%, витрати енергоресурсів на виробництво продукції знизилися: по електроенергії на 148 тис. КВтг, по природному газу - на 191 тис. $м^3$.

У даному технологічному процесі (відпал металу в колпакових печах) вживання математичної моделі доцільне. А також у даному процесі можна використовувати ПІД-регулювання для виходу параметрів на задані значення. Для підвищення якості регулювання і зниження помилки від «людського чинника» в даній системі використовується верхній рівень управління(SCADA-система).

1.6 Недоліки існуючої системи управління

Термічна обробка - це невід'ємна ланка технологічного циклу виробництва металопрокату. Постійне посилювання вимог до якості металопрокату обумовлене вживанням легованих сталей з високою мірою чистоти, жорсткими межами хімічного складу і режимів термообробки.

Для виконання цих вимог ковпакові печі повинні забезпечувати високу точність виконання заданих режимів термообробки і рівномірність температурного поля у всьому об'ємі робочого простору і за об'ємом садки при мінімальних витратах палива.

Ковпакові печі знаходять широке вживання завдяки високій якості металу, невеликим габаритам, високій надійності, простоти в обслуговуванні в порівнянні з іншими термічними печами, ощадним використанням енергоресурсів. Але є деякі недоліки в роботі і технології печей:

1. Відсутність надійного автоматичного управління в широкому (350...850)°С діапазоні зміни температурних режимів;

2. Відносно велика витрата природного газу;

3. Невисока продуктивність через відсутність систем верхнього рівня, застарілого устаткування;

4. Відсутність математичної моделі ходу технологічного процесу.

Для задоволення високих вимог до якості продукції упроваджуються нові АСУ ТП.

Таким чином, метою створення АСУ ТП є ефективний контроль, збір, переробка і видача інформації для управління технологічним процесом, починаючи від подачі матеріалів зі складу і закінчуючи видачею металу з печі.

Після впровадження нової сучасної системи автоматизації значно зростуть всі показники ходу ТП, дана система призначена для автоматизованого управління технологічним процесом термічної обробки металу в колпакових печах.

АСУ ТП роботи ковпакової печі призначена для досягнення наступних цілей:

- централізований контроль технологічних параметрів, їх оцінка та сигналізація виходу параметрів за встановлені межі;

- стеження за інформацією про перебіг відпалу, марку металу, час;

- визначення параметрів теплового режиму печі, необхідних для термообробки;

- стабілізація параметрів теплового режиму на рівні зазначених значень;

- формування, зберігання на зовнішніх носіях і протоколювання за викликом оператора історії зміни параметрів, теплового режиму печей;

- інформаційне обслуговування операторів технологічних постів;

- розрахунок техніко-економічних показників роботи печей і облік часу роботи системи автоматизації;

- виявлення відмов в роботі технічних засобів, видача відповідних повідомлень і проведення своєчасних ремонтів;

- діагностика ходу технологічного процесу;

- дистанційне керування технологічним устаткуванням і виконавчими пристроями;

- введення завдання;

- облік виробництва і складання даних на зміну.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

АСУ ТП повинна відповідати ДСТУ 24.104-85 «Єдина система стандартів автоматизованого управління»

Система повинна складатися з таких рівнів

АСУ ТП нижній (локальний);

АСУ ТП середній (виробничий);

АСУ ТП верхній.

АСУ ТП призначена для підвищення ефективності і оперативності управління технологічними процесами термообробки холоднокатаного і гарячекатаного прокату в ковпакових термічних печах на базі новітніх засобів автоматизації, мікропроцесорної і обчислювальної техніки із застосуванням математичних моделей технологічних процесів.

Інформаційні рівні АСУ ТП

Відповідно до об'єму і складності функцій, що реалізовуються, а також у зв'язку з підвищеними вимогами до надійності системи, функціональна схема АСУ ТП представляє ієрархічну структуру з розподіленими функціями контролю, управління і представлення інформації.

У відповідності, з різним ієрархічним рівнем користувачів інформації АСУ ТП створювана система за умовами представлення інформації про роботу комплексу стаціонарних стендів є дворівневою:

- інформаційний рівень терміста печей;

- інформаційний рівень старшого майстра термічного відділення.

АСУ ТП повинна мати ієрархічну трирівневу структуру, розподілену на нижньому рівні і централізовану на середньому і верхньому рівнях, бути багатофункціональною, інформаційно-керуючою системою.

Верхній рівень системи повинен вирішувати завдання контролю роботи блоків печей і підвищення ефективності роботи ковпакових печей за допомогою математичних моделей термічних процесів.

Мають бути передбачені технічні засоби, що забезпечують можливість інтеграції АСУ ТП ковпакової печі в АСУ ТП цеху.

Технічно верхній рівень реалізується на базі робочої станції старшого майстра термічного відділення.

Середній рівень складається з робочої станції, що управляє блоком печей. Середній рівень повинен здійснювати прийом підготовленої на нижньому рівні інформації, візуалізацію і контроль технологічного процесу на кожному стенді, управління процесами термообробки на кожному стенді (терміст визначає режим/програму відпалу і вирішує початок циклів нагріву і охолоджування), відображення і друк інформації про вихід значень параметрів за технологічні допустимі межі, відображення і друк інформації у вигляді звітно-технологічних документів і рапортів, організація введення інформації термістом в діалоговому режимі.

Технічно середній рівень реалізується на базі робочої станції включеною в Modbus Plus мережа. Робочі станції верхнього і середнього рівнів комутатором об'єднані в мережу Ethernet.

Нижній рівень повинен забезпечувати збір і обробку інформації КВП про технологічні параметри, автоматичне управління процесами нагріву і охолоджування, формувати попереджувальну і аварійну сигналізацію, здійснювати автоматичний захист і необхідні блокування для запобігання аварійним ситуаціям, проводити діагностику технічних засобів системи і устаткування, проводити зберігання даних про температуру в підмуфельному просторі в буфері за 48 годин з дискретністю 1 хв, обмін даними з робочою станцією терміста.

Технічно нижній рівень повинен реалізовуватися на базі мікропроцесорного контролера Modicon M340 який працює з розподіленою конфігурацією Momentum, технічних засобів КВП і А (первинних

перетворювачів температури, тиску, витрати; перетворювачів в уніфіковані сигнали 4-20мА, 0-10В; пристроїв дистанційного керування; виконавчих механізмів; регулюючих органів).

На нижньому рівні здійснюються такі завдання:

а) збір інформації від датчиків:

1) час знаходження металу в печі;
2) витрата природного газу;
3) температура в печі;
4) витрата захисного газу;
5) витрата повітря;
6) витрата води;
7) тиск природного газу;
8) тиск повітря;
9) тиск захисного газу;
10) розрідження в димовому борові;

б) перетворення вимірюваних параметрів в уніфіковані струмові сигнали (0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА);

в) управління:

- витратою природного газу;
- витратою захисного газу;
- витратою води;
- витратою повітря.

Нижній рівень блоку печей повинен оснащуватися панеллю оператора ПО, встановлюваною в приміщенні терміста, для забезпечення контролю роботи стендів, і завдання уставок контролеру.

Для кожного стенду має бути передбачене ручне управління технологічними процесорами з ручних пультів управління на випадок виходу з ладу мікропроцесорних контролерів. Ці пульти повинні оснащуватися показуючими приладами (температура і тиск в підмуфельному просторі, протока

води, що охолоджує, і наявність полум'я на пальниках), інформації якої вистачає для ручного управління технологічними процесами.

Мають бути передбачені автоматичний, дистанційний ручний режими управління роботою печі.

У автоматичному і дистанційному режимах повинні здійснюватися:

- централізований контроль технологічних параметрів;

- на робочій станції відображуватися хід технологічних процесів, попереджувальні і аварійні повідомлення;

- при аварійних ситуаціях спрацьовувати захисні блокування.

У автоматичному режимі окрім перерахованих функцій система відповідно до заданих термістом режимів термообробки повинна автоматично контролювати і управляти процесами нагріву і охолоджування .

У дистанційному режимі управління терміст з робочої станції повинен мати можливість управляти відсічними клапанами, вентиляторами, встановлювати необхідне значення параметрів шляхом регулювання положення виконавчих механізмів кнопками більше/менше.

У ручному режимі терміст управляє піччю з пульта ручного управління, дії АСУ ТП, що при цьому управляють, повинні блокуватися.

Вибір режимів управління автоматичний/дистанційний або ручний повинен проводитися з блоку ручного управління, а автоматичний або дистанційний - з робочої станції.

Дані про порушення технологічного процесу і режими управління (ручний/автоматичний/дистанційний) повинні фіксуватися в рапортах.

Система має бути відкритою, допускати можливість функціонального розширення і адаптацію до змін технології.

Інформаційні функції системи приведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Інформаційні функції системи

Найменування параметра	Діапазон зміни	Спосіб отримання інформації	Місце і форма подання інформації
Температура під муфелем	700-730 °С	автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора,реєстрація
Витрата природного газу	62 $м^3$/год	автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора, на щиті Реєстрація.
Витрата повітря	320 $м^3$/год	автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора, на щиті Реєстрація.
Витрата захисного газу	8-12 $м^3$/год	автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора, на щиті Реєстрація.
Витрата води		автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора, на щиті Реєстрація.
Тиск повітря	5395 Па	автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора, на щиті Реєстрація.
Тиск природного газу	0,85-0,9 $кгс/см^2$	автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора, на щиті Реєстрація.
Тиск захисного газу	147,15-343,35 Па	автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора, на щиті Реєстрація.
Тиск димових газів	-15…5 мм. вод. ст	автоматично безперервно, 1 раз на секунду	Відображення на екрані панелі оператора, на щиті Реєстрація.

Функції регулювання системи приведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Функції регулювання системи

Найменування параметра	Вид системи регулювання	Режим управління	Місце знаходження органів управління	Технічні вимоги по точності і стійкості
температура під муфелем	Стабілізуюча	Автоматичний	На об'єкті під муфелем	±5%
Витрата природного газу	Стабілізуюча	Автоматичний	Трубопровід природного газу	±5%
Витрата повітря	Стабілізуюча	Автоматичний	Трубопровід повітря	±2%
Витрата захисного газу	Стабілізуюча	Автоматичний	Трубопровід захисного газу	±2%
Витрата води	Стабілізуюча	Автоматичний	Трубопровід води	±2%

2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи та режиму його роботи

Відповідальність за виконання автоматизованого управління відпалом рулонів покладається на начальника цеху і його заступників: старших змінних майстрів, майстра ділянки ковпакових печей, змінного бригадира, нагрівальників.

Організаційне забезпечення повинно містити сукупність правил і приписів, що забезпечують необхідну взаємодію оперативного персоналу з комплексом технічних засобів під час роботи системи.

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

Оперативний і експлуатаційний персонал перед початком експлуатації системи повинен пройти теоретичне і практичне навчання.

Інструкція для експлуатаційного персоналу повинна містити порядок дій оперативного персоналу по введенню в автоматизовану частину необхідної інформації, і дії персоналу в разі аварії.

Вимоги до кваліфікації працівників:

- начальник цеху: вища технічна освіта, досвід роботи з управління, вміння використовувати ПК;

- начальник відділу ремонту: досвід роботи, вища технічна освіта, проведення планового контролю ремонту обладнання;

- начальник відділу експлуатації: вища освіта, досвід роботи, знання правил безпеки з охорони праці та технічної експлуатації обладнання;

- старший майстер: вища освіта (магістр, спеціаліст), досвід роботи, робота з графіками технологічного процесу;

- слюсарі: технічна освіта, досвід роботи.

2.1.3 Вимоги до надійності системи

Кожна функція СУ повинна відповідати вимогам надійності згідно РД 50-650-87 «Відповідно до чинного законодавства відповідальність за забезпечення пожежної безпеки на підприємствах несуть безпосередньо їх керівники.Необхідно здійснювати загальне керівництво щодо забезпечення пожежної безпеки підприємства і виконувати у встановлені терміни приписи державного пожежного нагляду та вимоги вищестоящих організацій, спрямовані на забезпечення пожежної безпеки».

На систему в цілому дається гарантія 5 років до часткового виходу з ладу обладнання. При правильній експлуатації і своєчасній діагностиці та заміні слабких частин системи термін служби системи неодноразово перевищує гарантійний.

2.1.4 Вимоги до безпеки

Пожежна безпека системи повинна забезпечуватися як в нормальному, так і аварійному режимах її роботи

Пристрої обчислювальної техніки при несправності, що виникають в процесі експлуатації, не повинні створювати загрозу життю людей і мінімізувати

шкоду навколишньому середовищу. Установка і експлуатація пристроїв повинні відповідати вимогам виробника.

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.

Необхідно забезпечити контроль рівня шуму на робочих місцях відповідно до ГОСТ 12.1.003.

Всі зовнішні елементи технічних засобів, що знаходяться під напругою, повинні мати захист від випадкових дотиків, а самі технічні засоби мати захисне заземлення відповідно до експлуатаційної документації та вимог ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 25861 і "Правил улаштування електроустановок".

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

Система працює циклічно. Щомісяця система повинна проходити технічне обслуговування. На технічні засоби раз на три місяці повинна проводитися державна повірка.

При виході з ладу будь-якого технічного засобу в системі, повинна бути передбачена заміна. Тому необхідно мати запасні вироби і прилади :

- термопари (ТХА);
- датчики різниці тисків;
- 1 датчик надлишкового тиску.

Шафи з КВП повинні розміщуватися в опалювальних приміщеннях з температурою повітря 10-25 °С, вологістю не більше 75%. У таких приміщеннях не повинно бути агресивних парів і великий запиленості.

У приміщеннях з ЕОМ повинно передбачатися кондиціонування повітря, а також повинна підтримуватися температура повітря 15-25 °С, вологість не більше 75%.

2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Оператору начальником ділянки видається логін і пароль, з параметрами доступу, необхідними для забезпечення функціонування системи.

2.1.7 Вимога до збереження інформації при аваріях

У разі часткової відмови основного обладнання АСУ ТП, повинна бути проведена безпечна зупинка технологічного обладнання. Відмова супервізорної системи контролю не повинна призводити до зупинки системи.

Час відновлення функцій автоматичного управління має становити не більше 10 хвилин.

Повинні бути передбачені заходи захисту інформації від перешкод і резервне електроживлення обладнання АСУТП при аваріях в системі електропостачання за допомогою застосування джерел безперебійного живлення, що забезпечують роботу обладнання АСУТП протягом 20 хвилин після відключення живлення за штатною схемою.

Для забезпечення роботи в умовах аварії повинен бути передбачений ручний режим управління.

2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Для забезпечення надійності системи всі контролери, перетворювачі, пускачі повинні встановлюватися в герметичні шафи. У приміщеннях з шафами повинні бути встановлені кондиціонери. Повинні бути використані технічні засоби, відповідні по стійкості до зовнішніх впливів по ГОСТ 21552 - 84 для засобів обчислювальної техніки.

2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації

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

Підсистеми повинні використовувати уніфіковані методи реалізації функціональних завдань системи:

- Підтримка сучасних транспортних протоколів (Modbus, Modbus Plus);
- Підтримка розподіленого доступу до інформації.

Необхідно дотримуватися уніфікованого формату звітних документів, прийнятому на підприємство замовника АСУ ТП.

2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою

Підсистема зберігання даних повинна здійснювати зберігання оперативних даних системи, даних для формування аналітичних звітів, документів системи, сформованих в процесі підготовки звітів.

Підсистема повинна забезпечувати періодичне резервне копіювання і збереження даних на додаткових носіях інформації.

Повинна вирішувати завдання забезпечення інформаційної сумісності даних, якими обмінюються окремі компоненти системи між собою, а також з суміжними системами в процесі функціонування.

У випадку аварії на технологічному об’єкті управління, ЕОМ повинна відобразити це на екрані. Для мнемосхем, повинні бути використані колірні індикатори, які сигналізують про аварійну ситуацію.

2.3 Вимоги до видів забезпечення

2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Доступ до даних має бути наданий тільки авторизованим користувачам з урахуванням їх службових повноважень, а також з урахуванням категорії запитуваної інформації.

Структура бази даних повинна бути організована на основі моделі клієнт-сервер, що виключає одноразове повне вивантаження інформації, що міститься в базі даних системи.

Технічні засоби, що забезпечують зберігання інформації, повинні використовувати сучасні технології, що дозволяють забезпечити підвищену надійність зберігання даних, їх кодування і оперативну заміну обладнання (розподілене резервне збереження даних).

При проектуванні і розгортанні системи необхідно розглянути можливість використання накопиченої інформації з уже функціонуючих інформаційних систем.

Для зручності оператора повинна застосовуватися ієрархічна структура інформаційного забезпечення, наприклад стандартні операційні панелі:

- панелі для реєстрації ходу процесу;
- панелі загального вигляду;
- мнемосхеми;
- сигналізаційні панелі;
- панелі налагодження.

2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Вся інформація повинна бути представлена у вигляді понять і визначень, властивих металургійної галузі, а також повинна бути зрозуміла персоналу, керуючому процесом.

Мова взаємодії користувача з системою повинна бути організована за допомогою властивих понять і визначень. Спосіб організації діалогу з користувачем повинен забезпечити мінімізацію випадкових помилкових дій оператора.

2.3.3 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення повинно бути виконано за модульним принципом з можливістю нарощування додаткових функцій і розширення бази даних. Повинна бути передбачена можливість збереження бази даних від випадкових несанкціонованих зовнішніх впливів. Програмне забезпечення в залежності від класу безпеки повинно відповідати рекомендаціям МЕК 60880, МЕК 60880-2,

МЕК +61138, МЕК 61513, ГОСТ Р ІСО / МЕК 12207-99 і РД ЕО 0554-2005 і повинно бути, по можливості, максимально уніфіковано.

Базовою програмною платформою повинні бути операційні системи Windows XP або Windows 10.

2.3.4 Вимоги до технічного забезпечення

Алгоритми АСУ ТП повинні бути виконані по функціональних групах, передбачати можливість обміну інформацією з АСУ верхнього рівня, здійснювати логічний контроль вхідної інформації. У даній системі повинні використовуватися різні первинні перетворювачі для вимірювання температури, тиску, витрати, з уніфікованим вихідним сигналом по струму 4-20мА. Усі технічні засоби повинні працювати з уніфікованими сигналами по струму або напрузі.

Первинні перетворювачі мають забезпечувати безперебійну передачу даних на контролери, а контролери повинні виконувати управління.

В системі необхідно два контролера для підвищення надійності системи.

2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення

Засоби вимірювань повинні бути внесені до Держреєстру.

Усі технічні засоби автоматизації, наявні в системі повинні проходити державну повірку раз на рік, а планову раз на місяць.

Клас точності приладів повинен бути не більше 3%.

2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення повинно містити сукупність правил, що забезпечують необхідну взаємодію оперативного персоналу з комплексом технічних засобів під час роботи системи.

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

Оперативний і експлуатаційний персонал перед початком експлуатації системи повинен пройти теоретичне і практичне навчання.

Інструкція для експлуатаційного персоналу повинна містити порядок дій оперативного персоналу по введенню в автоматизовану частину необхідної інформації, і дії персоналу в разі аварії.

3 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури системи автоматизації

Система автоматизованого відпалу рулонів сталі має 3 рівні:

- нижній;
- середній;
- верхній.

До нижнього рівня системи автоматизації відносяться датчики технологічних параметрів, а саме: термоелектричні перетворювачі (ТХА), датчики тиску (Метран-100 ДД, Метран-100 ДІ), лічильник води (Січ-узв). А також, до нижнього рівня відносяться виконавчі механізми (МЕО-100/0,25), що управляють регулюючими органами.

На середньому рівні АСУ ТП знаходяться програмовані контролери, які отримують інформацію від нижнього рівня. В даній АСУ використовується програмований логічний контролер Modicon M340 який працює з розподіленою конфігурацією Momentum.

Верхній рівень системи автоматизації складаються з автоматизованих робочих місць (АРМ). Всі технічні засоби верхнього рівня об'єднані в локальну обчислювальну мережу Ethernet. Електроживлення обладнання здійснюється від джерел гарантованого електроживлення, які у разі відсутності напруги, забезпечать тривалість безперебійної роботи обладнання не менше 1 години.

3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

На функціональній схемі автоматизації просліджується замкнутий контур управління (датчик – контролер – виконавчий механізм). Отже принцип управління буде по відхиленню. Більш високу якість управління дозволяють

отримати замкнуті САУ, в яких використовується інформація про контрольований параметр. У таких системах вимірюється значення контрольованого параметру. Пристрій управління порівнює отриманий сигнал, про значення контрольованого параметру із заданим значенням уставки та формує сигналу неузгодженості. Пристрій управління також виробляє керуючий вплив, спрямований на зменшення величини сигналу неузгодженості. При цьому пристрій управління прагне компенсувати це відхилення незалежно від причин, які його викликають.

При роботі колпакових печей для здійснення відпалу як головний технологічний параметр приймається температура в підмуфельному просторі. Її регулювання здійснюється за рахунок зміни витрати газу, оскільки на даному об'єкті використовуються інжекційні пальники (з підсосом повітря), то оптимізація проводиться лише по одному пріоритетному параметру - витрата газу.

3.3 Вибір математичної моделі системи управління

У даному технологічному процесі (відпал металу в колпакових печах) досить використовувати ПІ-регулювання для виходу параметрів на задані значення. Для підвищення якості регулювання і зниження помилки від «людського чинника» в даній системі використовується вбудований в системне програмне забезпечення контролера ПІ-регулятора.

При роботі ковпакових печей для здійснення відпалу як головний технологічний параметр приймається температура в підмуфельному просторі. Її регулювання здійснюється за рахунок зміни витрати газу.

При моделюванні процесів в печі, був отриманий наступний перехідний процес показаний на рисунку 3.1.

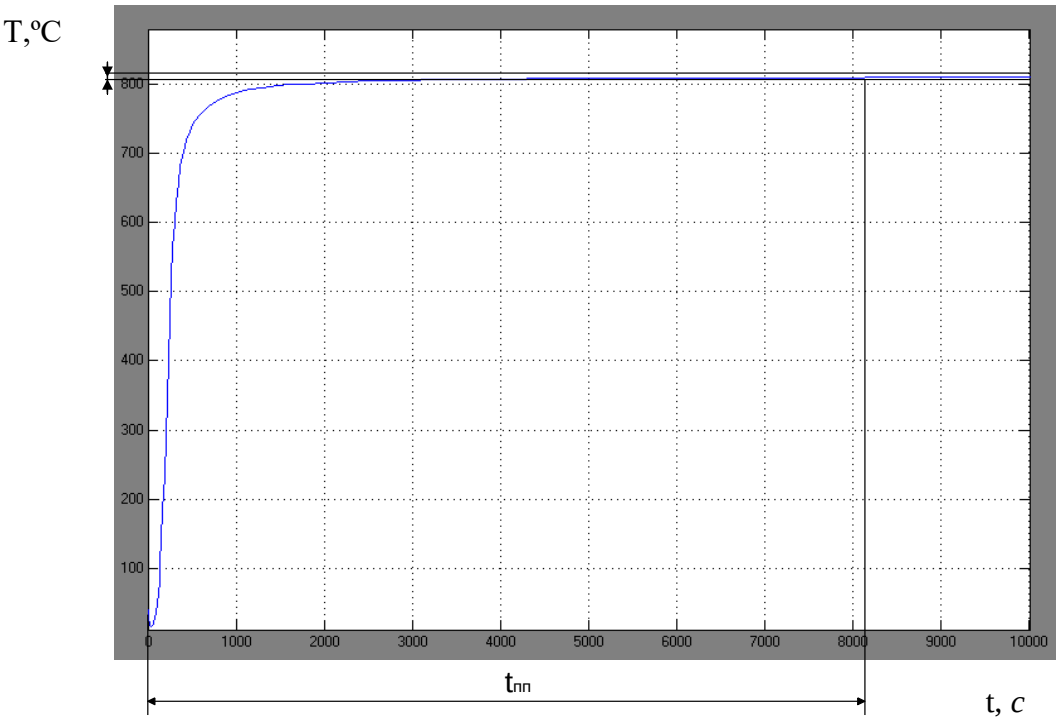
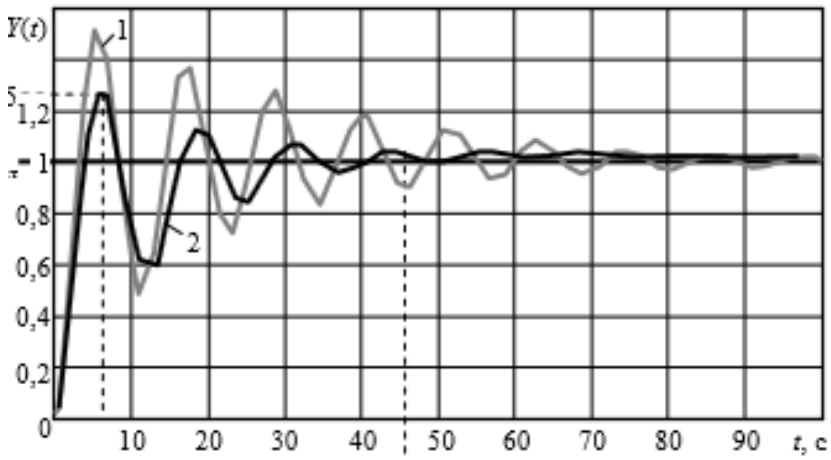


Рисунок 3.1 – Графік перехідного процесу в зоні нагріву колпакової печі

З графіка можна визначити, що час нагріву печі від початкової температури (температура атмосфери цеху) до мінімальної робочої температури складає близько двох з половиною годин. Перерегулювання відсутнє.

Розглянемо також перехідні процеси, що протікають в системі при появі обурюючих дій. Як обурюючі дії виступають зниження температури в печі, пов'язані з втратою тепла із-за поганої герметичності ковпака.

Перехідний процес САР температури, представлений на рисунку 3.2.



1 – без адаптивних налаштувань (k = 1, Ti = 1); 2 – з адаптивними налаштуваннями

Рисунок 3.2 – Перехідний процес в САР температуры

Спираючись на отримані характеристики можна зробити висновок, що для управління температурою доцільно буде застосувати ПІ – регулятор з коефіцієнтом посилення k = 0,42 і постійної часу інтегрування Ті = 50. ПІ - регулятор, комбінація П і І регуляторів. Має переваги обох. Від П- хороша стійкість, від І - відсутність статичної помилки δ Х = 0.

Програмний ПІ-регулятор вмонтовано в системне програмне забезпечення контролера Modicon M340 – Concept.

3.4 Вибір та обгрунтування технічних засобів нижнього рівня СА

3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади

Завдання вибору КТЗ полягає в забезпеченні необхідної точності виконуваних дій на всіх етапах технологічного процесу і на всіх рівнях управління.

Основні цілі вибору КТЗ: підвищення якості продукції, ефективності управління виробництвом і рівня автоматизації виробничих процесів; уніфікація вузлів, блоків і агрегатів для кооперації виробництва і його спеціалізації; підвищення ефективності науково-дослідницьких і дослідно-конструкторських робіт.

Для правильного функціонування системи необхідно враховувати такі технологічні величини:

- час знаходження металу в печі;
- витрата природного газу;
- температура в печі;
- витрата захисного газу;
- витрата повітря;
- витрата води;
- тиск природного газу;
- тиск повітря;

- тиск захисного газу;
- розрідження в димовому борові.

Для реалізації даної СА використовується наступне устаткування:

- термопара хромель-алюмєлєва;
- датчик різниці тисків Метран-100 ДД;
- датчик надлишкового тиску Метран-100 ДІ;
- універсальний прилад для реєстрації, сигналізації Диск-250М;
- прилад для створення перепаду тиску Діафрагма ДК-25;
- контролер Modicon M340 який працює з розподіленою конфігурацією Momentum;
- лічильник витрати води Січ-узв;
- перетворювач та показуючий прилад МТМ 402-01.

Перелік контрольованих параметрів та їх робочий діапазон приведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технологічні параметри

Параметр	Одиниці вимірювання	Min	Номінальна величина	Max
Тиск повітря	Па	5390	5395	5400
Тиск захисних газів	°С	630	650	660
Температура під ковпаком печі	°С	0	700-730	860
Тиск природного газу	кгс/см^2	0,8	0,85-0,9	0,95
Витрата повітря	м^3/год	0	320	400
Витрата природного газу	м^3/год	0	62	120
Витрата захисного газу	м^3/год	0	8-12	15
Витрата води	л/год	0	50	60
Розрідження в димовому борові	мм. вод. ст	-15	-15…5	5

До складу кожної з підсистем вимірювання витрати газу, повітря та захисного газу входять діафрагма ДК-25, Метран-100 ДД, ДИСК-250.

Діафрагма ДК-25 призначена для створення перепаду тиску при вимірюванні витрати рідин, газів, водяної пари за методом змінного перепаду тиску. У типовому виконанні виготовляється з однією парою патрубків для відбору тиску і передбачає приварку імпульсних ліній діаметром 16 мм.

На вимогу замовника кількість пар відбору може бути збільшено до чотирьох, також можлива зміна діаметра патрубків відбору, нарізування на них різьблення і гнучка для забезпечення необхідного міжцентрової відстані. Додаткові вимоги повинні бути вказані в опитувальному аркуші.

Метран-100 ДД. Датчик різниці тисків «Метран-100-ДД», модель 1422, з матеріалами, контактуючими з робочим середовищем - 06ХН28МДТ і 10Х17Н13М2Т, з мікропроцесорним електронним перетворювачем з вбудованим індикаторним пристроєм, кліматичного виконання У2, з кодом межі допустимої основної похибки 015, з верхньою межею вимірювання 25 кПа, з гранично допустимим робочим надлишковим тиском 10 МПа, з вихідним аналоговим сигналом 4-20 мА.

ДИСК-250 використовується як універсальний прилад для вимірювання, реєстрації, сигналізації потрібного параметра техпроцесу. Також приладів серії "ДИСК-250" відрізняються простотою експлуатації і ремонтопридатністю.

Похибка основна:

- ± 0,5% від нормуючого значення за показаннями і перетворенню;
- ± 1% від нормуючого значення по реєстрації, регулювання та сигналізації.

Швидкодія - 5 або 16 с.

Швидкість обертання діаграми:

- 1 оборот за 6 хв. (Тільки для "ДИСК-250С");
- 1 оборот за 8 або 24 год, 6 або 8 діб.

До складу кожної з підсистем вимірювання тиску повітря, природного газу, захисного газу та розрідження в димовому борові входять Метран-100ДІ, ДИСК-250.

Датчик надлишкового тиску Метран-100-ДІ модель 1161, що поставляється для експлуатації на об'єктах АС, класу безпеки 3НУ, з матеріалами, контактуючими з робочим середовищем, титановий сплав і 12Х18Н10Т, з мікропроцесорним електронним перетворювачем з індикатором, кліматичного виконання УХЛ 3.1 (t1 - від плюс 5 °С до плюс 70 °С), з кодом межі допустимої основної похибки 015, з верхньою межею вимірювань 16 МПа, з вихідним сигналом 4-20 мА і лінійної характеристикою.

До складу кожної з підсистем вимірювання температури у робочому просторі печі входять термопара хромель-алюмелєва, МТМ 402-01.

Термопара хромель-алюмелєва. Термопари широко застосовуються для вимірювання температур завдяки своїм характеристикам. Дані прилади дають високу точність вимірювань, дозволяють проводити їх в широкому діапазоні температур, а також мають досить просту будову і досить надійні. Діапазон температур від -270 °С до 1370 °С.

МТМ 402-01. Прилад призначений для перетворення та реєстрації сигналів стандартних термоелектричних перетворювачів (ТП), термоперетворювачів опору (ТС), сигналів постійного струму 0 ... 5 мА, 0 ... 20 мА, 4 ... 20 мА і напруги 0 ... 100

- напруга живлення АС 220 В + 10% -15%
- споживана потужність, не більше 5 ВА
- пусковий струм, не більше 250 мА при 250 В
- діапазон робочих температур +5 ... + 50 ° С
- клас точності 0,25

До складу кожної з підсистем вимірювання витрати води.

Лічильник витрати води Січ-узв. Багатоканальність (5 каналів вимірювання витрати та 5 каналів вимірювання температури), що дозволяє вести облік енергоносіїв від однієї до трьох систем одночасно в будь-якій конфігурації:

- опалення (ГДж);
- гарячого водопостачання (ГДж; $м^3$);
- холодного водопостачання ($м^3$).

Забезпечує візуальний перегляд на дисплеї теплолічильника архіву середньогодинних і середньодобових витрат і температур (по кожній системі) за 36 попередніх діб. Автономне резервне живлення від малогабаритної акумуляторної батареї на 12 годин безперервної роботи. Можливість установки ІВБ в зручному для експлуатації місці на відстані до 100 м. Від датчиків витрати і температури, які встановлюються, наприклад, в підвалі або камері. Дозволяє зчитувати архівну інформацію на ПК по інтерфейсу RS-232C з наступною роздруківкою на принтері. Теплолічильник вимірює, обчислює, фіксує у внутрішній пам'яті і показує на дисплеї ІВБ наступні параметри (по кожній системі):

- миттєву витрату теплоносія, $м^3$ / год;
- обсяг теплоносія (інтегратор), $м^3$;
- миттєва теплова потужність, кВт;
- кількість теплової енергії (інтегратор), ГДж
- температура води в трубопроводах, ° С;
- різниця температур води, ° С;
- час роботи приладу, година, хвилина;
- календар поточного часу, рік, місяць, число, година, хвилина;
- енергоспоживання за звітний місяць (по кожній системі), ГДж, $м^3$;
- код помилки;
- характеристики перетворювачів витрати.

3.4.2 Промислові контролери

Перелік контрольованих параметрів приведений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Перелік контрольованих параметрів

Параметр	Назва і тип датчика або виконавчого механізму	Вихідний сигнал датчика
Температура під ковпаком	Термопара ТХА-0192	4-20мА

Тиск природного газу	Метран-100 ДІ	4-20мА
Тиск захиного газу	Метран-100 ДІ	4-20мА
Тиск повітря	Метран-100 ДІ	4-20мА
Витрата повітря	Метран-100 ДД	4-20мА
Витрата природного газу	Метран-100 ДД	4-20мА
Розрідження у димовому борові	Метран-100 ДІ	4-20мА
Витрата захисного газу	Метран-100 ДД	4-20мА
Витрата води	Січ-узв	4-20мА

Таблиця 3.3 - Виконавчі пристрої, що змінюють параметр

Параметр	Назва і тип виконавчого пристрою, що змінює параметр	Сигнал керування виконавчим пристроєм
Витрата природного газу	Пускач ПБР-2М з виконавчим механізмом МЕО-100/10-0,25	Імпульсний
Витрата захисного газу	Пускач ПБР-2М з виконавчим механізмом МЕО-100/10-0,25	Імпульсний
Витрата повітря для двох ежекторів	Пускач ПБР-2М з виконавчим механізмом МЕО-100/10-0,25	Імпульсний
Витрата води	Пускач ПБР-2М з виконавчим механізмом МЕО-100/10-0,25	Імпульсний

Серія програмованих контролерів Modicon M340 є платформою для розв’язання завдань в області промислової автоматизації. Завдяки модульній архітектурі контролер Modicon M340 може забезпечувати керування як нескладними об’єктами автоматизації, так і найбільш відповідальними технологічними процесами на рівні цілого підприємства.

На базі Modicon M340 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. Згідно з завданням система реалізовує 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 M340 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.

Мережа розподіленого вводу-виводу DIO в мінімальній конфігурації складається з одного контролера (ЦПУ) і одного або більш вузлів розташованих поблизу з об'єктами. Кожен вузол складається зі спеціального адаптера DIO з вбудованим блоком живлення або блока Momentum. Адаптери DIO призначені для сполучення модулів вводу-виводу з головним процесором
за допомогою екранованої витої пари.

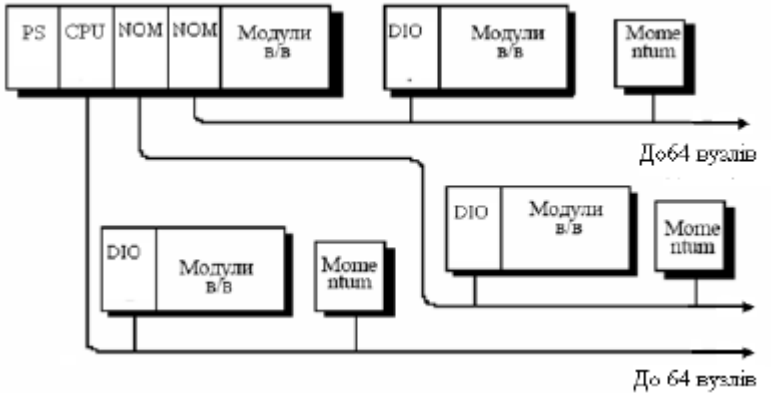


Рисунок 3.3 – Приклад мережі розподіленого вводу-виводу DIO

Відповідно табл.3.2, кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків однієї печі до контролера дорівнює 9. Кількість сигналів, що надходять до контролера дорівнює 9. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20мА. На такий вхідний сигнал орієнтований 4-канальний аналоговий модуль вводу Momentum 170 AAI 52040, який споживає струм 240мА.

Кількість модулів такого типу, необхідних для перетворення 9 вхідних сигналів дорівнює:

$$9 \textit{ вхідних сигналів} : 4 \textit{ каналів вводу} = 3 \text{ модулі AAI 52040}$$

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керувальний вплив на витрату повітря, природного газу, захисного газу та води. 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 повітря, захисного газу, природного газу, води, при розрахунку кількості дискретних модулів виводу необхідно передбачити на кожний виконавчий механізм два виходи – «більше» і «менше». Як показано у табл.3.3, зміну витрат технологічних параметрів здійснюють чотири виконавчі механізми, а це означає, що для керування їх роботою потрібно вісім вихідних каналів дискретного модуля виводу на одну піч.

Серед існуючих дискретних модулів виводу Momentum для керування роботою виконавчих механізмів найбільш підходить модуль 170 ADO 74050, у якого 16 каналів.

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

$$8 \text{ вихідних сигналів} : 8 \text{ каналів виводу} = 1 \text{ модулів 170 ADO 74050}$$

Для опитування 9 входів, обробки інформації, відповідно до алгоритмів керування окремими технологічними параметрами, оновлення станів 4 вихідних каналів, реалізації однііі гілки розподіленого вводу-виводу та здійснення інших процедур у системі управління, можна використати центральний процесор 140CPU 43412. Він має об'єм пам'яті Flash / SRAM 1 M / 2 M, 2 порта Modbus Plus і споживаний струм шини – 1250 мА.

Оскільки, відповідно до завдання, необхідно сконфігурувати розподіленний ввід-вивід, для віддаленої панелі потрібен адаптер вузлу DIO 140 CRA211 20, який одночасно використовується як блок живлення вузла. Цей адаптер має порт Modbus Plus для сполучання з центральним процесором, живиться напругою постійного струму, має вихідний струм на шину – 3А.

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

Центральний процесор – 1250мА. Тобто сумарний струм, що споживають модулі центрального шасі дорівнює 1250мА. Щоб забезпечити такий струм споживання необхідно використати модуль живлення 140CPS 111 00, який має вхідну напругу 100-276В змінного струму, а вихідний струм шини дорівнює максимум 3А.

Для конфігурування розподіленого вводу-виводу потрібно центральне шасі та виносні станції вводу- виводу Momentum. На центральному необхідно встановити модуль живлення, центральний процесор, а на виносній станції Momentum – адаптер вузлу DIO, модулі вводу-виводу та адаптер зв'язку для ModbusPlus 170 PNT 16020. У зв'язку з цим у якості центрального шасі необхідно використати 10-слотове 140 XBP 0010 00.

Для з’єднання порту Modbus Plus центрального процесора з адаптером вузла 140 CRA 211 20, який розташований на певній відстані, потрібен кабель 490 NAA 271 02 довжиною 150м.

Проектне компонування контролера Modicon M340 приведене у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Проектне компонування контролера

Тип модуля	Кі-ть модулів
Модуль центрального процесора 140CPU 43412	1
Адаптер вузлу DIO 140 CRA211 20	1
Модуль живлення 140CPS 111 00	1
Аналоговий модуль вводу Momentum 170 AAI 52040	3
Дискретний модуль виводу Momentum 170 ADO 74050	1
Адаптер зв’язку для ModbusPlus 170 PNT 16020	1

Програмування контролера Modicon M340 відбувається в інструментальному середовищі Concept в такій послідовності:

1. Створюється новий проект та виконується підбір необхідних модулів входу/виходу (рис.3.4).

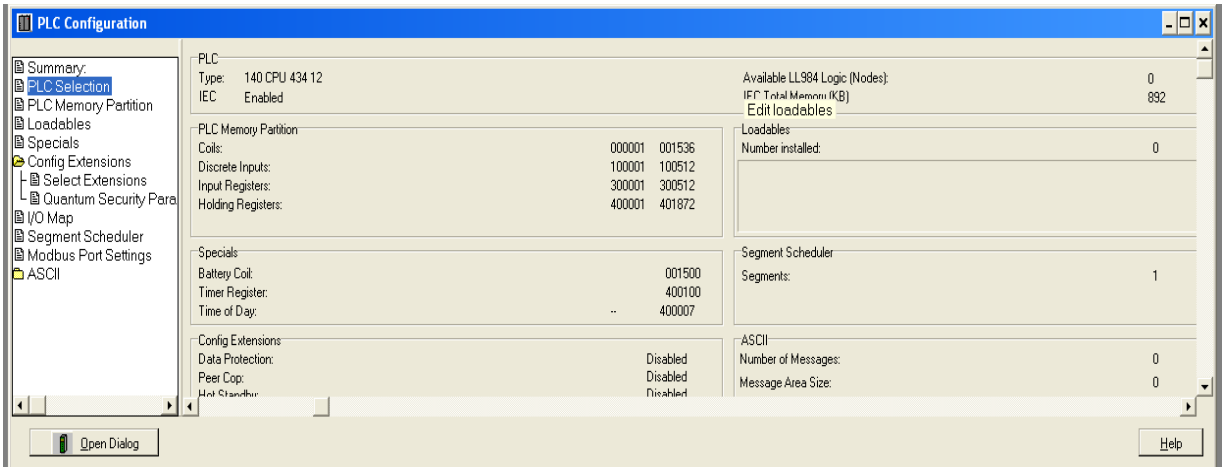


Рисунок 3.4 – Конфігурація контролеру

2. Розроблюється програма.

3. Перевіряється правильність програми за допомогою стимулятора.

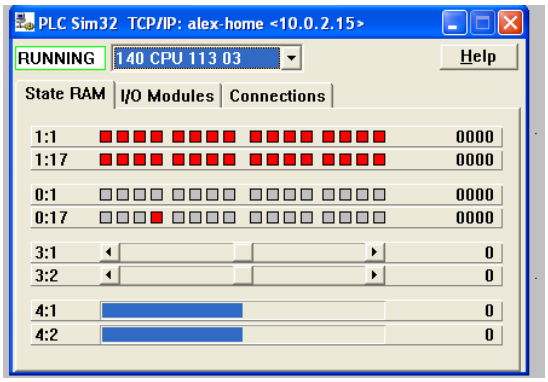


Рисунок 3.5 – Вікно симулятора

4. Програма завантажується в контролер (рис.3.6).

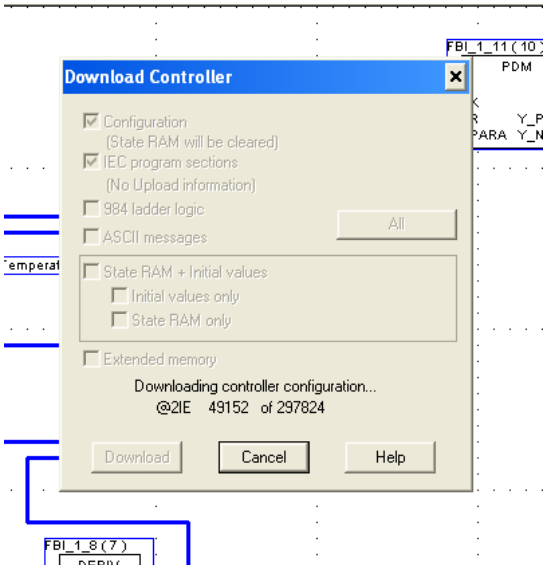


Рисунок 3.6 – Завантаження програми до контролера

Для розробки програмного коду були використані такі функціональні блоки:

- PI (ПІ-регулятор), і блок DERIV (диференціатор) з бібліотеки CONT_CTL;

- ADD_REAL(додати значення типу REAL) з бібліотеки IEC, група Arithmetic;

- UINT_TO_REAL (перетворити тип даних UINT в REAL) WORD_TO_UINT (перетворити тип даних WORD в UINT), REAL_TO_UNIT (перетворити тип даних REAL в UINT), UINT_TO_WORD (перетворити тип даних UINT в WORD) з бібліотеки IEC, група Converter.

Значення змінних:

Pt– значення поточної температури;

Zdn – сигнал завдання;

Zt – кількість тепла;

Yрег – вихідний сигнал стабілізуючого регулятора;

Ft – сума витрати природного газу;

Рк – похідна від температури під ковпаком печі.

Відповідно до створеного програмного коду, змінна Zdn, яка визначає задане значення регульованого параметра (температури у робочому просторі), після перетворення її типу, подається на вхід SP функціонального блока PI (ПІ-регулятора). Поточне значення температури, яке в програмі відображає змінна Pt, подається на вхід PV того ж функціонального блока. На вхід SP стабілізуючого регулятора PI (FBI_1_12) через суматор ADD_REAL подається похідна проміжної змінної Рк (температура під муфелем) та Ft – сума витрати природного газу. На вхід PV блока PI (FBI_1_12) подається коригуючий сигнал від блока PI (FBI_1_11), а на вхід PV того ж функціонального блока подається кількість тепла сприйнята поверхнею муфеля, змінна - Zt.

Функціональний блок PI (FBI_1_12) формує керувальний сигнал, який керує роботою виконавчого механізму сталої швидкості, що змінює витрату природного газу.

В даній системі автоматизації за результатами обробки вхідних сигналів, контролер формує керуючий вплив на витрату повітря, газу, води та захисного газу. Здійснюється це за допомогою виконавчих механізмів сталої швидкості та реле, які працюють від імпульсних сигналів управління. Нижче, у табл.3.4 приведені обрані виконавчі механізми, що змінюють параметр.

Таблиця 3.4 - Виконавчі механізми котрі змінюють параметр

Параметр	Назва і тип виконавчого пристрою, що змінює параметр	Сигнал керування виконавчим пристроєм
Витрата природного газу	Пускач ПБР-2М з виконавчим механізмом МЕО-100/10-0,25	Імпульсний
Витрата захисного газу	Пускач ПБР-2М з виконавчим механізмом МЕО-100/10-0,25	Імпульсний
Витрата повітря для двох ежекторів	Пускач ПБР-2М з виконавчим механізмом МЕО-100/10-0,25	Імпульсний
Витрата води	Пускач ПБР-2М з виконавчим механізмом МЕО-100/10-0,25	Імпульсний

Пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М призначений для безконтактного управління електричними виконавчими механізмами, в приводі яких використовуються однофазні конденсаторні електродвигуни.

Механізм МЕО-100/0,25 - це виконавчий механізм, що має обертовий момент 100Нм на вихідному валу і призначений для пересування запірної арматури та інших органів напівобертового принципу дії в автоматизованих системах управління. В МЕО-100/0,25 час повного ходу вихідного валу - 25 секунд. Основними перевагами механізмів МЕО-100 перед аналогами - є більш надійний редуктор, простота установки і обслуговування, наявність струмового вихідного сигналу 4-20 мА.

3.4.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи

В даній системі автоматизації за результатами обробки вхідних сигналів, контролер формує керуючий вплив на витрату повітря, газу, захисного газу, води. Здійснюється це за допомогою виконавчих механізмів сталої швидкості та реле, які працюють від імпульсних сигналів управління. Нижче, приведений розрахунок регулюючого органу.

Виконаємо розрахунок і вибір регулюючого органу .

Вихідні дані для розрахування:

- максимальна витрата природного газу в нормальних умовах:

$$Q_{min}= (1/4 \div 1/3)\ Q_{max};$$

- абсолютний тиск на початку $P_{нач}$ та в кінці $P_{кін}$ частини трубопроводу;
- абсолютна температура середовища Т (незмінна для всієї частини трубопроводу);
- характеристика мережі;
- статична характеристика об'єкта.

Визначення втрат тиску на заданому відрізку трубопроводу

Загальні втрати тиску на заданому відрізку трубопроводу складаються зі втрат на відрізку трубопроводу до ΔP_1, а потім ΔP_2 по одній і тій же схемі та по однім і тим же формулам, але для різних умов і властивостей середовища до і після регулюючого органу.

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

Розрахункове максимальне витрачання газів та пари для умов до регулюючого органу Q_{max1}, та після РО Q_{max2}, м^3/год, тобто при Рпоч і Р2 .

$$Qmax1(2) = Qmax\ \ Pн\ \ T / Pпоч\ (P2)\ Tн$$

$$Qmax1 = 1500*100000/\ 1423000 = 105,4$$

$$Qmax2 =1500*100000 / 1330504=112,7$$

Густина повітря до регулюючого органу ρ_1 та після ρ_2, при $P_{поч}$ і P_2 відповідно, кг/м^3, визначається як:

$$\rho_{1(2)} = \rho_н \frac{P_{поч}(P_2)T_н}{P_н T},$$

де $\rho_н$ – густина середовища при нормальних умовах, кг/м^3;

$$\rho_н = 0{,}6679 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_1 = 0{,}6679 \frac{1423000 \cdot 293}{100000 \cdot 293} = 9{,}5 \quad кг/м^3; \quad \rho_2 = 0{,}6679 \frac{1330504}{100000} = 8{,}87 \quad кг/м^3.$$

В’язкість середовища при $P_{поч}$ і Т динамічна $\mu_1=1{,}09\cdot10^{-5}$ Н·с/м^2. В’язкість середовища при P_2 і Т динамічна $\mu_2=1{,}09\cdot10^{-5}$ Н·с/м^2.

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

$$V_{1(2)} = \frac{354 \cdot Q_{\max 1(2)}}{D_{cm}^2},$$

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

V – допускна швидкість середовища, м/с, V=16 м/с.

$$D = 18{,}85\sqrt{\frac{105{,}4}{16}} = 48{,}38 \text{ мм.}$$

Отримана величина D приймається до близького стандартного $D_{ст}$ значення: $D_{ст}$=50 мм.

$$V_1 = \frac{354 \cdot 105{,}4}{50^2} = 14{,}92 \text{ м/с}, \qquad V_2 = \frac{354 \cdot 112{,}7}{50^2} = 15{,}96 \text{ м/с}.$$

Число Рейнольда для середовища до Re_1 та після Re_2 регулюючого органу для повітря:

$$\mathrm{Re}_{1(2)} = 0{,}354 \frac{Q_{\max 1(2)} \cdot \rho 1(2)}{D_{cm} \cdot \mu_{1(2)}},$$

$$\mathrm{Re}_1 = 0{,}354 \frac{105{,}4 \cdot 9{,}5}{50 \cdot 1{,}09 \cdot 10^{-5}} = 1837248, \quad \mathrm{Re}_1 = 0{,}354 \frac{112{,}7 \cdot 8{,}87}{50 \cdot 1{,}09 \cdot 10^{-5}} = 649313$$

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

Для круглих сталевих труб при турбулентному режимі (Re > 2300):

$$\lambda_{1(2)} = \frac{1}{\left(2 \cdot \lg\left(19{,}5 \cdot D_{ст}\right)\right)^2},$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \cdot \lg\left(19{,}5 \cdot 50\right)\right)^2} = 0{,}028.$$

Втрати тиску в лінії до регулюючого органу $\Delta P_{л1}$ та після регулюючого органу $\Delta P_{л2}$ при розрахункових максимальних витрачення Q_{max1} та Q_{max2}:

$$\Delta P_{л1(2)} = \Delta P_{пр1(2)} + \Delta P_{м1(2)},$$

де $$\Delta P_{пр1(2)} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_{1(2)} \frac{\rho_{1(2)} \cdot L_{i1(2)} \cdot V_{i1(2)}^2}{2 D_{ст}}$$

$$\Delta P_{м1(2)} = \sum_{i=1}^{m} \xi_{1(2)} \frac{\rho_{1(2)} \cdot V_{1(2)}^2}{2}$$

де $\Delta P_{пр1(2)}$ – втрата тиску на прямих відрізках трубопроводу при максимальному витраченні до та після регулюючого органу, Па;

$\Delta P_{м1(2)}$ – втрати тиску в місцевих спротивленнях при максимальному витраченні до та після регулюючого органу, Па;

$\lambda_{1(2)}$ – коефіцієнти гідравлічного спротивлення тертя, які залежать від режиму руху потоку до та після регулюючого органу;

$\xi_{1(2)}$ – коефіцієнти місцевих гідравлічних спротивлень (входу та виходу, трійників, поворотів, замикальних органів, мірчої діафрагми та ін.) до та після регулюючого органу;

$L_{1(2)}$ – довжина прямих частин трубопроводу до та після регулюючого органу;

$D_{ст}$ – діаметр прямих частин трубопроводу до та після регулюючого органу;

$V_{1(2)}$ – середні по перерізу швидкості потоку в трубопроводі до та після регулюючого органу, м/с;

$\rho_{1(2)}$ – густина повітря, кг/м^3;

$$\Delta P_{пр1} = 0{,}028\frac{9{,}5\cdot 10\cdot 14{,}92^2}{2\cdot 0{,}05} = 5921{,}3 \quad Па,$$

$$\Delta P_{пр2} = 0{,}028\frac{8{,}87\cdot 15\cdot 16^2}{2\cdot 0{,}05} = 12070 \quad Па,$$

$$\Delta P_{м1} = \left[0{,}1+0{,}2+0{,}1+0{,}22+0{,}16\right]\cdot\left[\frac{9{,}5\cdot(14{,}92)^2}{2}\right] = 824{,}8 \quad Па,$$

$$\Delta P_{м2} = \left[0{,}9+6{,}9\right]\cdot\frac{8{,}87\cdot(16)^2}{2} = 11208 \quad Па,$$

$$\Delta P_{л1} = 5921{,}3+824{,}8 = 6746 \quad Па,$$

$$\Delta P_{л2} = 12070+11208 = 23278 \quad Па.$$

Знаходиться P_1 – абсолютний тиск середовища до регулюючого органу та P_2 – абсолютний тиск середовища після регулюючого органу, МПа:

$$P_2 = P_1 - 0{,}35\cdot(P_{поч} - P_{кон});$$

$$P_1 = P_{поч} - \Delta P_{л1};$$

$$P_1 = 1423000 - 6746 = 1416254 \quad Па;$$

$$P_2 = 1416254 - 0{,}35\cdot 245000 = 1330504 \quad Па;$$

Втрата тиску в регулювальному органі при максимальному розрахунковому витрачанні, МПа:

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

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

$$\Delta P_{мер} = 1{,}423 - 1{,}178 = 0{,}245 \text{ Мпа};$$

$$\Delta P_{ро} = 0{,}245 - (0{,}006746 + 0{,}023278) = 0{,}215 \text{ Мпа};$$

Розрахунок пропускної здатності, вибір регулювального органу та його перепускної характеристики

Розрахунок необхідного значення перепускної здатності $K_{v\,max}$ в залежності від Q_{max} і $\Delta P_{ро}$, м^3/год.

Для газу:

$$K_{v\,max} = \frac{Q_{max}}{5350} \cdot \sqrt{\frac{T_1 \cdot K' \cdot \rho_{газ}}{\Delta P_{ро} \cdot P_2}} = \frac{1500}{5350} \cdot \sqrt{\frac{0{,}6679 \cdot 293 \cdot 0{,}989}{1{,}33 \cdot 0{,}215}} = 7{,}25 \quad м^3 / год;$$

де К – коефіцієнт стисливості, К=0,989.

Стосовно переліку типорозмірів дросельних регулюючих органів, обираємо регулюючий орган з умовною перепускною здатністю $К_{v\,y}$, яка більше розрахункового значення $К_{v\,max}$ на 20%:

$$К_{v\,y} \geq 1{,}2\ К_{v\,max};$$

$$К_{v\,y}=1{,}2 \cdot 7{,}25=8{,}7\ м^3 / год;$$

Обираємо двосідельний клапан: діаметр умовного проходу - 25 мм, умовний тиск – 1,6 МПа, умовна перепускна здатність $К_{v\,y}$=10 м^3/год.

Визначають відношення n перепаду тиску в лінії до перепаду тиску на регулюючий орган при максимальному витрачанні:

$$n = \frac{\Delta P_л}{\Delta P_{РО}} = \frac{0{,}030024}{0{,}215} = 0{,}1;$$

За уточненим значенням перепаду на регулюючого органу та прийнятому значенню $К_{v\,y}$ визначається уточнене значення максимального витрачання крізь регулюючий орган Q'_{max}, використовуючи необхідну формулу:

$$Q'_{max} = \frac{5350 \cdot K_{vy}}{\sqrt{\frac{T \cdot K \cdot \rho_{газ}}{\Delta P_{ро} \cdot P_2}}} = \frac{5350 \cdot 1600}{\sqrt{\frac{293 \cdot 0{,}989 \cdot 0{,}6679}{1{,}33 \cdot 0{,}215}}} = 1800\ м^3 / год;$$

Відносне значення витрат q_{max} та q_{min}:

$$Q_{min}=0,25\cdot Q_{max}=0,25\cdot 1500=375м^3 /год;$$

$$q_{max}=\frac{Q_{max}}{Q'_{max}}=\frac{1500}{1800}=0,83;$$

$$q_{min}=\frac{Q_{min}}{Q_{max}}=\frac{375}{1800}=0,21;$$

Вибираємо перепускну характеристику регулювального органу

Для забезпечення лінійної витрачальної характеристики клапанів, визначано діапазон переміщення регулюючого органу по витрачальній характеристиці регулювального органу з лінійною пропускною характеристикою.

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

$$l_{max}=0,83;\ l_{min}=0,21.$$

При цьому коефіцієнт передачі $К_{РО}$ знаходиться для l_{max} та l_{min}.

$$К_{ро\ max}=0,8;$$

$$К_{ро\ min}=0,8.$$

Розрахунок з’єднання регулювального органу з виконавчим механізмом виконується в наступній послідовності.

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

$$К=К_{об}*К_{р}*К_{вм}*К_{з}*К_{ро},$$

де $К_{об}$ – коефіцієнт передачі об’єкта;

$К_{р}$ – коефіцієнт передачі регулятора;

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

$К_з$ – коефіцієнт передачі з’єднання;

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

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

Побудова безрозмірної статичної характеристики з’єднання виконавчого механізму з регулювальним органом

Статична характеристика об’єкта регулювання

$$X_{вихоб} = \frac{X^i_{вих}}{X_{вих\max}}; \qquad X_{вхоб} = X_{вихРО} = \frac{X^i_{вх}}{X_{вх\max}};$$

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

$X^i_{вих}$ і $X_{вих\ max}$ – і-те та максимальне значення розмірної вихідної величини об’єкта регулювання;

$X^i_{вх}$ і $X_{вх\ max}$ – і-те та максимальне значення розмірної вхідної величини об’єкта регулювання.

Безрозмірну статичну характеристику об’єкта регулювання будуємо у першому квадранті координатної площини $X_{вих\ об}=f(X_{вих\ ро})$.

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

Праву піввісь координатної площини ділимо на десять рівних інтервалів і, відповідно до схеми, будуємо у четвертому квадранті статичну характеристику з’єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

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

Графічний метод розрахунку з'єднання регулювального органу з виконавчим механізмом

При виборі регулюючого органу з поступовим рухом затворів, з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом попередньо визначається його вигляд, відстань S і довжину важеля. Довжина важеля R визначається за формулою:

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

де r = 200 мм – довжина кривошипу виконавчого механізму;

l = 70 мм – відстань між віссю обертання важеля клапана та віссю з'єднання його зі штоком;

h=(0,6÷0,8)D_c – хід клапана,

D_c=(0,4÷0,5)D_y;

$$D_c = 0{,}45 \cdot 25 = 11{,}25 \quad мм; \qquad h = 0{,}7 \cdot 11{,}25 = 7{,}86 \quad мм;$$

A – коефіцієнт.

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

$$R = \frac{1{,}4 \cdot 70 \cdot 200}{7{,}86} = 2494 \ мм.$$

Для отримання лінійної характеристики з'єднання довжина тяги повинна бути L=R-r =2494-·200=2294 мм.

Відстань між вісями S повинна бути (3÷5)r. $S = 4 \cdot 200 = 800 \quad мм.$

Важіль клапана в положенні "закрито" повинен з'єднуватися з кривошипом за допомогою тяги так, щоб кут між нею та кривошипом створював 160 -170°. При такому з'єднанні хід клапана не буде пропорційним куту повертання кривошипа виконавчого механізму, тобто між ними має бути нелінійна залежність.

Ця нелінійність зростає зі зменшенням початкового кута з'єднання γ. Щоб не було заклинювання з'єднання кут γ беремо не менше, як 9 -10°.

Далі для прийнятої геометрії з'єднування графічним шляхом будуємо залежність $h=f(\varphi_{вм})$ і порівнюємо її з необхідною характеристикою. Вона повністю співпадає с заданою статичною характеристикою об'єкта.

Вибір виконавчого механізму базується на зусиллі, які він повинен розвивати для зміни положення регулюючого органу.

Зусилля, необхідне для переміщення клапана, складається з сили неврівноваженості статичного тиску середовища на затвор, сили тиску на шток і сили тертя штока по за щільнику. Виконавчий механізм повинен вибиратися з достатнім запасом зусилля, тобто:

$$P_{вм} \geq \Delta P_{ро} F_c + 0{,}785 \cdot d_ш^2 \cdot P_2 =$$
$$= 215000 \cdot 0{,}00007 + 0{,}785 \cdot 0{,}014^2 \cdot 1300000 = 215 \quad H;$$

де $D_у$=25 мм: ΔF_c=0,7 см^2, $d_ш$=8 мм.

При виборі виконавчого механізму, коли підраховані зусилля для переставлення затвора клапана, визначається, що між виконавчим механізмом та регулюючим органом існує механічне з'єднання, яке складається з двох кривошипів та тяги між ними. Тобто між зусиллям і моментом існує залежність виду P=M/r.

$$M=P \cdot r=250 \cdot 0{,}2=50 \quad Н \cdot м;$$

де r – довжина кривошипа.

Після цього вибираємо виконавчий механізм із характеристиками наведеними у таблиці 3.4:

Таблиця 3.4 - Характеристики виконавчого механізму

Тип	Номінальний крутний момент на вих.валу,Н·м	Номінальний час повного ходу вих. валу, с	Номінальний хід вих. валу, обороти
МЭО –100/10 – 0,25	100	10	0,25

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління ковпаковою піччю

До функцій підсистеми нижнього рівня відноситься автоматизація процесу відпалу рулонів сталі згідно діючої технологічної інструкції та доповнення до неї. Функціональна схема підсистеми нижнього рівня представлена у презентації.

На ній зображено декілька контурів управління та контрольовані параметри:

1. Контур контролю і регулювання температури під ковпаком печі
2. Контур контролю і регулювання співвідношення паливо-повітря
3. Контур контролю і регулювання витрати захисних газів.
4. Контур контролю і регулювання витрати води.
5. Контроль тиску повітря
6. Контроль тиску захисних газів
7. Контроль розрідження у димовому борові
8. Контур контролю тиску природного газу.

1. Контур контролю і регулювання температури під ковпаком печі

Сигнал з термопари тип ТХА-0192 (поз.1а) через перетворювач тип МТМ 402-01 (поз.1б), який служить показуючим приладом, надходить на вхід аналогових сигналів мікроконтролера. З задатчика БРУ-7 (поз.1в) в контролер на дискретний вхід надходить інформація про те, чи буде температура задаватися за допомогою задатчика вручну, або завдання буде здійснюватися з робочої станції на підставі розрахунку. Якщо температура задається вручну, в контролер, крім цього, на вхід заводиться сигнал з задатчика БРУ-7.

Контролер на підставі отриманих даних визначає сигнал помилки між поточним і заданим значенням температури під ковпаком, і за цією помилкою, по вбудованому ПІ-алгоритму розраховує керуючий вплив, яке у вигляді

токового сигналу 4-20 мА з виходу контролера надходить на пускач ПБР-2М (поз.1г). Положення клапана показує датчик положення вмонтований до БРУ-7.

2. Контур контролю і регулювання співвідношення паливо-повітря

Сигнал з датчика витрати палива Метран-100 ДД (поз.2б), надходить на вхід показуючого приладу на щиті КВП ДИСК-250 (поз.2в), після чого надходить на вхід мікроконтролера. Аналогічно на вхід контролера надходить сигнал з датчика витрати повітря Метран 100ДД (поз.3б). З задатчика БРУ-7(поз.2г) в контролер на дискретний вхід надходить інформація про те, чи буде співвідношення задаватися за допомогою задатчика вручну, або завдання буде здійснюватися з робочої станції на підставі розрахунку. Якщо співвідношення задається вручну, в контролер, крім цього, на вхід заводиться сигнал з задатчика БРУ-7.

Контролер на підставі отриманих даних визначає сигнал помилки між поточним і заданим значенням, і за цією помилкою, по вбудованому ПІ-алгоритму розраховує керуючий вплив, яке у вигляді токового сигналу 4-20 мА з виходу контролера надходить на пускач ПБР-2М (поз.2д). Положення клапана показує датчик положення вмонтований до БРУ-7.

3. Контур контролю і регулювання витрати захисних газів

Сигнал з датчика витрати палива Метран-100 ДД (поз.4б), надходить на вхід показуючого приладу на щиті КВП ДИСК-250 (поз.4в), після чого надходить на вхід мікроконтролера. З задатчика БРУ-7 (поз.4г) в контролер на дискретний вхід надходить інформація про те, чи буде витрата газів задаватися за допомогою задатчика вручну, або завдання буде здійснюватися з робочої станції на підставі розрахунку. Якщо витрата задається вручну, в контролер, крім цього, на вхід заводиться сигнал з задатчика БРУ-7.

Контролер на підставі отриманих даних визначає сигнал помилки між поточним і заданим значенням, і за цією помилкою, по вбудованому ПІ-алгоритму розраховує керуючий вплив, яке у вигляді токового сигналу 4-20 мА з виходу контролера надходить на на пускач ПБР-2М(поз.4д). Положення клапана показує датчик положення вмонтований до БРУ-7.

4. Контур контролю і регулювання витрати води

Сигнал з датчика витрати води Січ-узв (поз.5а), надходить на вхід на вхід мікроконтролера. З задатчика БРУ-7 (поз.4б) в контролер на дискретний вхід надходить інформація про те, чи буде витрата води задаватися за допомогою задатчика вручну, або завдання буде здійснюватися з робочої станції на підставі розрахунку. Якщо співвідношення задається вручну, в контролер, крім цього, на вхід заводиться сигнал з задатчика БРУ-7.

Контролер на підставі отриманих даних визначає сигнал помилки між поточним і заданим значенням, і за цією помилкою, по вбудованому ПІ-алгоритму розраховує керуючий вплив, яке у вигляді токового сигналу 4-20 мА з виходу контролера надходить на на пускач ПБР-2М (поз.4в). Положення клапана показує датчик положення вмонтований до БРУ-7.

5. Контроль тиску повітря

Сигнал з датчика витрати палива Метран-100 ДІ (поз.8а), надходить на вхід показуючого приладу на щиті КВП ДИСК-250 (поз.8б), після чого надходить на вхід мікроконтролера.

6. Контроль тиску захисних газів

Сигнал з датчика тиску Метран-100 ДІ (поз.6а), надходить на вхід показуючого приладу на щиті КВП ДИСК-250 (поз.6б), після чого надходить на вхід мікроконтролера.

7. Контроль розрідження у димовому борові

Сигнал з датчика тиску Метран-100 ДІ (поз.9а), надходить на вхід показуючого приладу на щиті КВП ДИСК-250 (поз.9б), після чого надходить на вхід мікроконтролера.

8. Контур контролю тиску природного газу

Сигнал з датчика тиску Метран-100 ДІ(поз.7а), надходить на вхід показуючого приладу на щиті КВП ДИСК-250 (поз.7б), після чого надходить на вхід мікроконтролера.

4.2 Принципова електрична схема по каналу регулювання технологічної величини

На принциповій схемі управління зображено контур регулювання температури в робочому просторі печі. Сигнал з термопари (ТХА) через перетворювач тип МТМ 402-01 (поз.1б), який служить показуючим приладом, поступає до контролеру Modicon M340, де проводиться обробка сигналу та видається управляюча дія на зміну витрати природного газу, яка в свою чергу здійснюється шляхом проходження сигналу з контролеру через блок ручного керування, який включає в себе одразу і дистанційний покажчик положення виконуючого пристрою, і перемикач режимів роботи з ручного на автоматичний та навпаки. Пристрій БРУ-7 також має на лицьовій панелі кнопки управління виконавчім пристроєм у ручному режимі. Далі сигнал поступає на пускач ПБР-2м, який керує виконуючім пристроєм МЕО-100/10-0,25. В залежності від положення виконуючого пристрою змінюється витрата природного газу, тобто відбувається зміна температури в печі.

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

На принциповій електричній схемі живлення знаходяться:

- розподільний пункт РП-25;
- вимикач пакетний ПВМ;
- вимикач пакетний ПВ2;
- плавкі запобіжники ВП;
- плавкі запобіжники ТУ1 ;
- прилади, які розташовані на щиті КВПіА та електроапаратури (нормуючий перетворювач МТМ 402-01, та пускач ПБР-2М).

Пакетник або пакетний автоматичний вимикач типу ПВ - це пристрій, призначений для розподілу електроенергії та повного відключення електрики.

Пакетний вимикач ПВ2 призначений для роботи в якості вступних вимикачів, вимикачів кіл керування і розподілу електричної енергії та для ручного керування асинхронними електродвигунами в електричних колах напругою до 440 В змінного струму частотою 50,60 і 400Гц і до 240В постійного струму.

Плавка вставка ВП, призначена для захисту електричних ланцюгів постійного і змінного струму з частотою 50... 2000 Гц, від перевантажень і коротких замикань. Корпус – непрозорий (керамічний). Номінальний струм до 10 А.

Запобіжники плавкі серії ТУ1 призначені для захисту електро-устаткування промислових установок та електричних мереж трифазного змінного струму з номінальною напругою до 380 В, частоти 50 і 60 Гц при перевантаженнях і коротких замиканнях. Запобіжники допускають роботу в трифазних мережах змінного струму напругою до 500 В частоти 50 і 60 Гц і до 220 В постійного струму. Номінальний струм до 100 А.

4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА

До монтажно комутаційної схеми внесені прилади, які розташовані на щиті КВПіА, а саме: нормуючі перетворювачі, контролер (поз.1з), 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

Цеху холодного прокату представлений панельний щит висотою 2200 мм та шириною 800 мм. На лицьовій панелі щита знаходяться нормуючі перетворювач МТМ 402-01 та блок ручного управління БРУ-7.

На внутрішній панелі щита розташовані: контролер Modicon M340, а також блок клемних з’єднань на висоті 300 мм.

4.6 Схема зовнішніх з’єднань по каналу регулювання технологічної величини

Схема зовнішніх з’єднань – це схема на якій зображені електричні та трубні зв’язки, які прокладаються поза щитом КВПіА. Дана схема розробляється на основі рішень, прийнятих у ФСА, ПЕС, ПСЖ та МКС та після визначення місць встановлення щитів та пультів управління, первинних приладів, регулюючих органів та місцевих приладів.

У верхній частині схеми розміщуються згруповані за параметрами або системами регулювання монтажні символи приймачів, регулюючих органів та виконавчих механізмів. Над ними розміщуються пояснювальні записи, в яких вказуються найменування, контрольований параметр, місце встановлення, номер позиції згідно функціональної схеми автоматизації. Електричні та трубні проводки зображені вертикальними лініями з мінімальним числом вигинів. Їм присвоюється маркування у вигляді наскрізних арабських порядкових цифр.

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Система автоматичного управавління відпалом складається з наступної кількості елементів, яка наведена у таблиці 5.1.

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

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

Алгоритм розрахунку наступний :

- комплексний поправочний коефіцієнт

$$k_\lambda = 2{,}5$$

- розраховується загальна інтенсивність відмов елементів:

$$\lambda_{заг} = k_\lambda * k * \sum \lambda_{0i} * n_i, \qquad (5.1)$$

де К – поправочний коефіцієнт, який враховує призначення САР,

n – кількість елементів у групі,

λ0i – середня інтенсивність відмов відповідної групи.

- розраховується наробіток на відмову:

$$T_0' = 1/\lambda_{заг}' \qquad (5.2)$$

Таблиця 5.1 – Елементи системи регулювання

№ гр.	Коефіцієнт навантаження $К_Н$	Найменування елементів	Кількість Елементів, n_i	Інтенсивність відмов $\lambda 0i*10^{-6}$ 1/год	λ_0*n, 1/год
1	0,5	МЕО	4	3,5	0,000014
2	0,5	РО	4	2,8	0,0000112
3	0,5	Датчики	9	1,7	0,0000153
4	0,5	Контролер	1	0,2	0,000002
5	0,5	Лампи сигнальні	3	0,75	0,00000225
6	0,5	Пускачі	4	4,4	0,0000176
7	0,5	Показуючі прилади	8	4,1	0,0000328
Комплексний поправний коефіцієнт				2,5	
Сумарна інтенсивність відмов, $\lambda_{ел}$ 1/год				0,00009515	
Загальна інтенсивність відмов $\lambda_{заг}$, 1/год				0,000238	
Наробіток на відмову T_0”,год				42016,8	

- Розрахунок ймовірності безвідмовной роботи САР :

$$P(t) = e^{1/T0} \qquad (5.3)$$

Результати розрахунку заносено у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Дані для побудови графіка P(t) від t

t	0	21008	42016	63025	84033	105042	126050	147058	168067
P`(t)	1	0,606	0,367	0,223	0,1353	0,0820	0,0497	0,0301	0,0183

Графік P(t) від t зображено на рисунку 5.1.

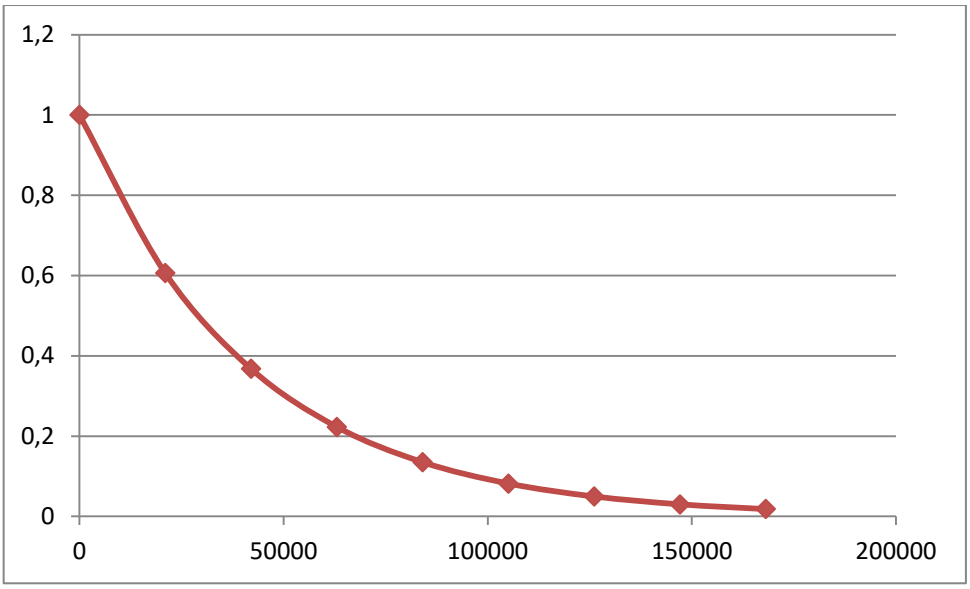


Рисунок 5.1 – Графік залежності P’(t)

Визначається гарантійний термін роботи САР :

$$T_Г = T_0/20*K_{ДН}*M \quad (5.4)$$

де 20 – середня кількість годин роботи САР упродовж роботи;

$K_{ДН}$ – кількість днів роботи в місяць;

M – кількість місяців роботи за рік.

$$T_Г = 42016,8/20*28*12=6,3 \text{ (р)}$$

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

$$T_В = \sum_{j=1}^{q} T_{Bj} * m_j, \text{год} \quad (5.5)$$

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

T_{Bj} – середнє значення тривалості відновлення, год;

m_j – кількість елементів у групі.

Дані для розрахунку тривалості відновлення приведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Дані для розрахунку тривалості відновлення

Назва і тип елементів	Середнє значення тривалості відновлення T_{Bj},год	Кількість елементів у групі.
МЕО	0,359	4
РО	2,8	4
Датчики	0,3	9
Контролер	0,65	1
Лампи сигнальні	0,75	3
Показуючі прилади	0,5	8
Пускачі	1,8	4

$$T_B = 29{,}44 \text{ год.}$$

Визначаємо коефіцієнт готовності:

$$K_Г = 1/1 + \lambda_{заг*} T_B = 0{,}998 \qquad (5.6)$$

По отриманим результатам можна зробити висновки, що дана САР є надійною.

6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів АСУ відпалом холоднокатаних рулонів сталі оформлена у вигляді таблиці та наведена у Додатку А.

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Під організаційною структурою управління підприємством розуміється склад (перелік) відділів, служб і підрозділів в апараті управління, системна їх організація, характер підпорядкованності і підзвітності один одному і найвищому органу управління підприємством, а також набір координаційних і інформаційних зв'язків, порядок розподілу функцій управління по різних рівнях і підрозділах управлінської ієрархії. Різноманіття функціональних зв'язків і можливих способів їх розподілу між підрозділами і працівниками визначає різноманітність можливих видів організаційних структур управління виробництвом. Всі ці види зводяться в основному до чотирьох типів організаційних структур: лінійним, функціональним, дивізіональным і адаптивним.

Організаційна структура управління цехом холодного прокату представлена на рисунку 7.1.



Рисунок 7.1 – Організаційна структура управління цехом холодного прокату

7.1 Розрахунок економічної ефективності розроблених заходів

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) — передпроектний документ, що уточнює та доповнює схему розвитку й розташування відповідної галузі промисловості у частині обґрунтування економічної доцільності і господарської потреби проектування підприємства, пункту його розміщення, проектної потужності, номенклатури продукції, забезпеченості сировиною, паливом, електроенергією, водою, а також визначення основних технологічних та будівельних рішень і найважливіших техніко-економічних показників виробництва та будівництва, в даному випадку проект з розробки системи відпалу холоднокатаних рулонів.

Метою техніко-економічного обґрунтування автоматизованої системи управління (АСУ) є кількісний та якісний доказ економічної доцільності створення або розвитку АС, а також визначення організаційно-економічних умов її ефективного функціонування.

ТЕО засноване на порівняльній оцінці витрат і результатів встановленої ефективності використання, терміну окупності вкладень. ТЕО є необхідним для кожного інвестора дослідженням, у ході підготовки якого проводиться ряд робіт з вивчення та аналізу всіх сладових інвестиційного проекту та розробці термінів повернення вкладених у бізнес коштів.

У першу чергу за укрупненими показниками здійснюють вибір і техніко-економічне обґрунтування виду потрібної системи, заміряють необхідну площу і простір для подальшої установки і монтування обладнання, також роблять розрахунок цього простору: наявність центральних або автономних систем, їх тип і кількість, розташування. На цьому етапі вже розраховують попередню вартість проекту. Розробляють і визначають первісну схему системи відпалу холоднокатаних рулонів сталі.

Зміст ТЕО АСУ полягає в наступному:

1. Розрахувати і проаналізувати за окремими статтями витрати, необхідні для створення чи розвитку АСУ.

2. Зіставити витрати на створення і функціонування АСУ з результатами, отриманими при їх впровадженні.

3. На основі розрахунків техніко-економічних показників, що характеризують результати функціонування створюваної АСУ, і порівнюючи їх із зіставними показниками варіанту, обраного за базу для порівняння, дати кількісну та якісну оцінку економічної доцільності створення або розвитку АС.

Основними факторами, що визначають економічну ефективність АСУ є:

- збільшення випуску продукції і підвищення її якості за рахунок більш раціонального використання виробничих потужностей, сировини, матеріалів, палива та трудових ресурсів.

- підвищення продуктивності праці виробничих робітників, внаслідок скорочення втрат робочого часу і простоїв обладнання.

Основною умовою при визначенні економічної ефективності АСУ є зі ставність усіх показників:

- в часі;

- за цінами і тарифними ставками зарплати, використовуваним для визначення показників;

- за елементами витрат.

Економічні показники визначаються за діючими на момент розрахунку оптових цін і тарифними ставками.

При визначенні очікуваного річного економічного ефекту в якості бази для порівняння приймаються плановані в умовах відсутності АС показники виробничо-господарської діяльності виробництва в році впровадження системи.

7.1.1 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ

Одноразові витрати на створення АСУ визначаються за формулою:

$$K^{A} = K_{П}^{A} + K_{К}^{A} = 1350467 + 1030658{,}1 = 2381125{,}1 \text{ грн.}, \quad (7.1)$$

де $K_{П}^{A}$ = 1350467 – довиробничі витрати, грн.;

$K_{К}^{A}$ = 1030658,1 – капітальні витрати, грн.

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховуються за формулою:

$$К^{А}_{П} = К^{А}_{ПР} + К^{А}_{ПО} + К^{А}_{ИО}=1232067+55100+63300=1350467 \text{ грн .}, \quad (7.2)$$

де $K^{A}_{ПР} = 1232067$ – витрати на проектування АСУ, грн.;

$K^{A}_{ПО} = 55100$ – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.;

$K^{A}_{ИО} = 63300$ – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення структури бази даних АСУ та розмежування прав доступу працівників), грн.

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$K^{A}_{К} = K^{A}_{КТС} + K^{A}_{МОНТ} - K^{A}_{ВЫСВ} = 1081771 + 108177,1 - 159290 = 1030658,1 \text{ грн.}, \quad (7.3)$$

де $K^{A}_{КТС} = 1081771$ – кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн.;

$K^{A}_{МОНТ} = 1081771*0,1=108177,1$ – витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн. (10% від вартості КТЗ);

$K^{A}_{ВЫСВ} = 159290$ – вартість технічних засобів, вивільнених у результаті впровадження АСУ, грн.

Вартість комплексу технічних засобів приведена у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – КТЗ для створення АСУ

Назва	Кількість	Вартість за шт. в грн.
Метран-100ДІ	4	2700
Метран-100ДД	4	3930
Термопара ТХА-0192	1	1107
Диск 250М	7	23066

МТМ 402-01	1	1 200
Січ-УЗВ	1	300
БРУ-7	4	9259
Modicon M340: CPU, PS, AI, DO	1	790626
МЕО-100/10-25	4	3530
ПБР-2М	4	850
Персональний комп'ютер	1	30000
Всього	32	1081771

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$З_А = \frac{К_К^А \cdot Н_А}{100} = \frac{1030658{,}1*10}{100} = 103065{,}81 \text{ грн.}, \quad (7.4)$$

де $Н_А$ – норма амортизації, % (10%).

Перелік одноразових витрат приведено у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Одноразові витрати на створення АСУ

Назва	Сума(грн.)
1. Довиробничі витрати у тому числі:	
Витрати на проектування АСУ	1232067
Витрати на розробку програмного забезпечення	55100
Витрати на підготовку інформаційного забезпечення	63300
2. Капітальні витрати у тому числі:	
Витрати на установку та монтаж	108177,1
Вартість КТЗ	1081771
Вартість технічних засобів вивільнених у результаті впровадження АСУ	159290

Всього одноразових витрат на створення АСУ	2381125,1

7.1.2 Розрахунок собівартості продукції після впровадження АСУ

Величина собівартості визначається за передбаченим зміни окремих видів витрат, на які впливає впровадження АС.

Калькуляція собівартості 1т сталі до впровадження АСУ приведена у таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Калькуляція собівартості 1т сталі до впровадження АСУ

Статті затрат	Сума(грн) на 1т	Всього на обсяг випуску до впровадження
Сировина і матеріали	3002,21	540713032,05
Паливо і енергія	82,33	14828044,65
Заробітна плата основних працівників	29,80	5367129
Відрахування на соціальні виплати	6,56	1181488,8
Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	25,7	4628698,5
Цехові витрати	113,7	20477938,5
Загальногосподарські витрати	22,6	4070373
Позавиробничі витрати	14,8	2665554
Інші витрати	26,53	4778185,65
Всього	3324,23	598710444,15

Витрати на сировину і матеріали при функціонуванні АС з урахуванням можливого збільшення обсягу виробництва і скорочення витрат на сировину та матеріали (C_M^A) складуть:

$$C_M^A = C_M^Б \cdot \gamma \cdot \left(\frac{100 - \beta_M}{100} \right) = 3002,21 * 1.03 * (\frac{100 - 2,5}{100}) = 3014,96 \text{ грн.}, \qquad (7.5)$$

де $C_M^Б$ = 3002,21 - витрати на сировину і матеріали до впровадження АСУ, грн.;

γ – індекс об’єму виробництва;

$$\gamma = \frac{100 + \gamma_1}{100} = \frac{100 + 3}{100} = 1{,}03 \quad , \tag{7.6}$$

де $\gamma_1 = 3$ – процент можливого збільшення об'єму виробництва в результаті впровадження АСУ, %;

$\beta_M = 2{,}5$ – процент можливого скорочення витрат сировини і матеріалів після впровадження АСУ (розраховується прямим розрахунком за окремими матеріалами), %.

Скорочення витрат сировини і матеріалів при впровадженні АСУ 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.

Відсоток можливого збільшення обсягу виробництва (γ_1) та можливого скорочення витрат сировини і матеріалів (β_M) (якщо прямий розрахунок затруджений) повинні бути узгоджені з керівником проекту.

Витрати на паливо і енергію на технологічні цілі (C_T^A) визначаються за формулою:

$$C_T^A = C_T^Б \cdot \gamma \cdot \left(\frac{100 - \beta_T}{100} \right) = 82{,}33 * 1.03 * (\frac{100 - 2{,}5}{100}) = 81{,}67 \text{ грн.}, \tag{7.7}$$

де $C_T^Б = 82{,}33$ – витрати на паливо і енергію до впровадження АСУ, грн.;

$\beta_T = 2{,}5$ – процент процент можливого скорочення витрат палива і енергії після впровадження АСУ, %.

Заробітна плата основних виробничих працівників в умовах функцюювання АСУ ($C_{ЗП}^A$) визначається зі врахуванням підвищення об'єму виробництва та співвідношення між темпами приросту середньої заробітної плати та продуктивності праці:

$$C_{ЗП}^{А} = C_{ЗП}^{Б} \cdot [1 + \alpha \cdot (\gamma - 1)] = 29{,}80 * [1 + 0.2 * (1.03 - 1)] = 29{,}97 \text{ грн.}, \quad (7.8)$$

де $C_{ЗП}^{Б}$=29,80 - заробітна плата з відрахуваннями на соціальні потреби виробничих робітників до впровадження АСУ, грн.;

α=0,2 - коефіцієнт співвідношення темпів приросту середньої заробітної плати та темпів приросту продуктивності праці (приймається рівним співвідношенню, що існує на підприємстві до впровадження АСУ).

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 ($C_{ОБ}^{А}$)визначаються за формулою:

$$C_{ОБ}^{А} = C_{ОБ.ПЕР.}^{Б} \cdot \gamma + C_{ОБ.ПОСТ.}^{Б} = 15{,}5 * 1.15 + 10{,}2 = 26{,}17 \text{ грн.}, \quad (7.9)$$

де $C_{ОБ.ПЕР.}^{Б}$ і $C_{ОБ.ПОСТ.}^{Б}$ = 15,5 і 10,2 - відповідно умовно-змінна і умовно-постійна частина витрат на утримання та експлуатацію обладнання до впровадження АС, грн.

Цехові витрати після впровадження АСУ ($C_{Ц}^{А}$)визначаються за формулою:

$$C_{Ц}^{А} = C_{Ц}^{Б} \cdot [1 + (\gamma - 1) \cdot Д_{Ц}] = 113{,}7 * [1 + (1.03 - 1) * 0.4] = 115{,}06 \text{ грн.}, \quad (7.10)$$

де $C_{Ц}^{Б}$ = 113,7- витрати до впровадження АСУ, грн.;

$Д_{Ц}$ - коефіцієнт залежності приросту офісних витрат від приросту обсягу виробництва (0,4).

Загальногосподарські витрати після впровадження АСУ ($C^{А}_{ОБЩ}$) визначаються за формулою:

$$C^{А}_{ОБЩ} = C^{Б}_{ОБЩ} \cdot [1 + (\gamma - 1) \cdot Д_З] = 22{,}6 * [1 + (1.03 - 1) * 0.3 = 22{,}8 \text{ грн.}, \quad (7.11)$$

де $C^{Б}_{ОБЩ}$ =22,6 - загальногосподарські витрати до впровадження АСУ, грн.;

$Д_З$ - коефіцієнт залежності приросту загальнозаводських витрат приросту обсягу виробництва (0,3).

Позавироббничі витрати ($C^{А}_{ВН}$) розраховуються за формулою:

$$C^{А}_{ВН} = C^{Б}_{ВН} \cdot \gamma = 14{,}8 * 1.03 = 15{,}24 \quad (7.12)$$

де $C^{Б}_{ВН}$ =14,8 - позавиробничі витрати до впровадження АСУ, грн.

Собівартість 1т продукції після впровадження АСУ ($С^{А}$) складає:

$$C^{А} = C^{А}_{М} + C^{А}_{Т} + C^{А}_{ЗП} + C^{А}_{ОБ} + C^{А}_{Ц} + C^{А}_{ОБЩ} + C^{А}_{ВН} + C_{Від}{}^{А} =$$
$$= 3014{,}96 + 81{,}67 + 29{,}97 + 6{,}65 + 26{,}17 + 115{,}06 + 22{,}8 + 15{,}24 = 3313{,}43 \quad (7.13)$$

Калькуляція собівартості 1т сталі після впровадження АСУ приведена у таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Калькуляція собівартості 1т сталі після впровадження АСУ

Статті затрат	До впров. АСУ(грн)	Всього	Після впров. АСУ (грн)	Всього
Сировина і матеріали	3002,21	540713032,05	3014,96	543018415,68
Паливо і енергія	82,33	14828044,65	81,67	14709420,36
Заробітна плата основних працівників	29,80	5367129	29,97	5397836,76
Відрахування на соціальні виплати	6,56	1181488,8	6,65	1197718,2

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	25,7	4628698,5	26,17	4713426,36
Цехові витрати	113,7	20477938,5	115,06	20723226,48
Загальногосподарські витрати	22,6	4070373	22,8	3962376
Позавиробничі витрати	14,8	2665554	15,24	2744845,92
Обсяг випущеної продукції	180105		180108	
Інші витрати	26,53	4778185,65	-	-
Всього	3324,23	598795093,5	3313,43	596467265,76

7.1.3 Розрахунок показників економічної ефективності АСУ

Основними показниками економічної ефективності АСУ є:

- річний приріст прибутку;

- річний економічний ефект;

- розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

- термін окупності витрат.

Річний приріст прибутку ($Э_{ГОД}$) визначаються за формулою:

$$Э_{ГОД} = \frac{B^{А} - B^{Б}}{B^{Б}} \cdot П^{Б} + \left(C^{Б} - C^{А}\right) \cdot B^{А} =$$
$$= \frac{180108 - 180105}{180108} * 598795093,5 + (3324,7 - 3313,43) * 180108 = \quad (7.14)$$
$$= 2039791 \, грн.,$$

де $B^{Б}$ = 180105 т. і $B^{А}$ = 180108 т. - річний випуск продукції до і після впровадження АСУ;

$C^{Б}$ = 3324,7, $C^{А}$ = 3313,43 – витрати на гривню реалізованої продукції до і після впровадження АСУ, грн.;

$П^{Б}$ = 598795093,5 – прибуток від реалізації продукції до впровадження АСУ, грн.

Річний економічний ефект (Э) визначається за формулою:

$$Э = Э_{ГОД} - E_{Н} \cdot K^{А} = 2039791\text{-}0.15*2381125,1=1682622,24 \text{ грн.}, \quad (7.15)$$

де $E_{Н}$ - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (0,15).

Розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень на створення АСУ ($E_{Р}$) визначається за формулою:

$$E_{Р} = \frac{Э_{ГОД}}{K^{А}} = \frac{2039791}{2381125,1} = 0,9 \quad (7.16)$$

Якщо $E_{Р} \geq E_{Н}$, то впровадження даної АСУ ефективно.

Термін окупності витрат (Т) визначається за формулою:

$$T = \frac{K^{А}}{Э_{ГОД}} = \frac{2381125,1}{2039791} = 1.2 \text{ р.} \quad (7.17)$$

Основні техніко-економічні показники роботи ділянки приведені у таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 - Основні техніко-економічні показники роботи ділянки (цеху)

Показник	До впровадження АСУ	Після впровадження АСУ
Річний обсяг реалізованої продукції, т	180108	18105
Собівартість випуску 1т продукції, грн	3324,7	3313,43
Одноразові витрати на створення АС, грн	-	2381125,1
Річний економічний ефект, грн	-	1682622,24
Коефіцієнт економічної ефективності, грн	-	0,9

Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років	-	1,2

В результаті розрахунку економічної ефективності встановлено, що впровадження АСУ має сенс, оскільки економічні показники виробництва значно підвищаться, а сама система автоматизації ковпакової печі окупиться через 1,21 роки.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

8.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища

Термічна обробка смуг в рулонах призначена для забезпечення технологічної пластичності і потрібних нормативною документацією механічних і технологічних властивостей.

Термічне відділення призначене для світлого відпалу, рекристалізації міцно змотаних холоднокатаних рулонів і пом'якшувального відпалу гарячекатаних рулонів.

Рекристалізаційний відпал застосовується для зняття наклепу холоднокатаного металу і відновлення його пластичних властивостей. Пом'якшувальний відпал проводиться для пом’якшення гарячекатаних рулонів.

Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників, характерних для даного виробництва:

- горючий газ (природний газ);
- захисний газ (HNx-газ), що подається в підмуфельний простір;
- висока температура вузлів і агрегатів ковпакової печі;
- частини, що обертаються і рухомі (стендовий вентилятор);
- небезпечна напруга в шафах, що управляють.

Обслуговуючий персонал газових колпакових печей керується правилами і інструкціями по охороні праці і промислової безпеки.

Відповідальність за виконання вимог інструкцій по охороні праці несуть старший майстер термічного відділення змінні майстри, старші термісти і працівники, що виконують технологічний процес.

Небезпечні і шкідливі чинники за природою дії розділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні.

Для одного робочого місця слюсаря КІП і А даємо оцінку чинників виробничого процесу (таблиця. 7.1), які включають такі фізичні небезпечні і шкідливі чинники:

- рухомі мостові крани;

- недосконаліть вантажозахватних пристосувань використовуваних для захвату і транспортування 5-6 рулонів одночасно з допомогою електромостового крану;

- підвищена запиленість: нормативне значення 2.00 мг/м^3, а фактичне значення 25.00 мг/м^3;

- підвищений рівень шуму: нормативне значення 80 ДБ, а фактичне значення 90 дБ;

- підвищений рівень вібрації: нормативне значення 92 ДБ, а фактичне значення 90 дБ;

- підвищений рівень інфрачервоного випромінювання: нормативне значення 140 Вт/ м^2, а фактичне значення 460 Вт/м^2;

- небезпечна для життя напруга, що діє, в електроустановках відділення.

- небезпеки виникнення пожежі;

- падіння з висоти персоналу при роботах на драбинах і сходах;

- падіння предметів з висоти (інструменту, елементів устаткування).

Джерелами підвищеного рівня інфрачервоного випромінювання є: випромінювання від пальників печей, від муфелів печей в процесі охолоджування металу.

Займання газоповітряної суміші - утворюються при проведенні технологічних процесів. Вибухонебезпечні суміші утворюються при неповному згоранні палива, а також в результаті просочування газу в не герметичних місцях.

Джерелами хімічно шкідливих чинників є травильне відділення, в якому проводять процес того, що труїть металу з використанням сірчаної кислоти.

Хімічно шкідливі чинники:

- підвищений вміст в повітрі ангідриду хромового нормативне значення 0.010 мг/м^3, а фактичне значення 0.015 мг/м^3;

- психофізіологічний чинник є джерелом всіляких роздратувань (стимул-реакцій), що переробляються головним мозком, спонукаючи людину до трудової діяльності.

Окрім зовнішніх подразників в організмі людини діють внутрішні подразники.

Психофізіологічні чинники:

- перевантаження за участю м'язів корпусу і ніг;

- знижена вологість повітря;

- вібрація;

Подразники:

- фізичні (теплота, світло);

- хімічні (вдихання шкідливих хімічних речовин, пил);

- біологічні (мікроби).

В результаті роздратування організму або його окремого органу змінюється обмін речовин. Оцінка чинників виробничого процесу на робочому місці слюсаря КІП і А показано в таблиці 8.1

Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені у таблиці 8.2.

Таблиця 8.1– Чинники виробничого процесу на робочому місці слюсаря КВП і А

№ п/п	Чинники виробничої середи і трудового процесу.	Норматив значення	Фактичне значення	3 класи шкідливі і небезпечні умови і характер праці			Тривалість дії чинника за зміну %
				1ша ступ.	2га ступ.	3я ступ	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м³ 1й клас небезпеки: Агидрід хромвий 2й класс небезпеки : Оксиди марганцю ($Мп0_2$) 3й-4й класи небезпеки: Ангидрид сернистий Азота діоксид Масла мінеральні нафтові Углерода оксид	 0,010 0,300 10.000 2,000 5,000 20,000	 0,015 0,200 8.240 2,160 4,280 13,100	 1,5р 1,08р			 93.1 93,1 93.1 93,1 93.1 93.1
2	Пил, переважно фиброгенної дії мг/м^3 Кремнія діоксид кристаллічний (граніт, шамот, слюда, ссрец, вуглецевий пил) при вмісті в пилі від 10 до 70 %	4,000	12,00		3		93.1
3	Вібрація (спільна і локальна) дБ	92	90	2			100,0
4	Шум, дБ	80	90		10.0		100,0
5	Мікроклімат в приміщенні (теплий період): - температура повітря, °С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, % -інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	 16-27 0,2-0,5 70 140	 43 0,33 31 2420		 2420	 16,0	 93,1 93,1 93,1 93,1
6	Атмосферний тиск, атм	1,3	1,35	1,3-1,8			100
7	Важкість і напруженість праці	Середньої важкості - IIб					

Таблиця 8.2 – Оптимальні і допустимі норми температури

Період року	Категорія робіт	Температура, ºС					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постійних	Не ...	Постій них	Не постійних				
Холодний	Середньої важкості -IIб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не більше 0
Теплий	Середньої важкості -IIб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25 ºС)	0,3	0,2-0,5

8.2 Заходи з поліпшення умов праці

8.2.1 Вентиляція і кондиціонування

У цеху природна вентиляція здійснюється за допомогою повної аерації, тобто природного повітрообміну в літній і зимовий періоди. Для аерації влаштовано 3 ряди отворів в подовжніх стінах будівлі : перший ряд - на рівні 1,2 м від підлоги, другий - на рівні 4 м від підлоги і третій - на рівні підкранових балок. На даху встановлений витяжний ліхтар.

Крім того, передбачена механічна вентиляція при якій повітрообмін досягається за рахунок різниці тиску, що створюється вентилятором, який приводиться в рух електромотором. При цьому забруднене повітря віддаляється через вентиляційні короби. Тип вентиляційної установки ПС-1, продуктивністю 2000 м3/ч, потужність тягового електродвигуна 9 кВт, яка застосовується для видалення шкідливих випарів кислот використовуваних при тому, що труїть металу. Також по периметру цеху, в найбільш забруднених місцях: біля травильних ванн, прокатних станів, місцях вирубування металу встановлена місцева вентиляція .

8.2.2 Освітлення

Приміщення прокатного виробництва за умовами зорової роботи відноситься до II групи - приміщення, в яких проводиться розрізнення об'єктів при нефіксованій лінії зору і огляд навколишнього простору (виробничі приміщення, в яких ведеться лише нагляд за роботою технологічного устаткування).

Розряд зорової роботи для приміщення КВП і А - IV, середній точності. Природне освітлення комбіноване, сонячне світло проникає через аераційні ліхтарі на даху цеху і через бічні вікна.

Штучне освітлення забезпечується газорозрядними джерелами світла. Нормативне значення освітлення - 200лк. Для штучного освітлення застосовуються дугові ртутні лампи високого тиску (ДРЛ):

- потужність 250,400,700,1000,2000 Вт;
- світлова віддача 44-60 лм/Вт;
- тривалість горіння 1000-4000 ч.

Для штучного освітлення приміщення КВП і А використовуються лампи (ЛДЦ-80):

- потужність 250,400,700,1000,2000 Вт;
- світлова віддача 75-100 лм/Вт;
- тривалість горіння 2000-5000 ч.
- передбачається аварійне освітлення - 5% від нормативного (10лк).

8.2.3 Виробничий шум і вібрація

Джерелом виникнення шуму в прокатному виробництві є лязкіт розкочуваного металу по валкам прокатного стану, а також робота двигунів при змотуванні тонкого аркуша в рулони. Виробничий шум впливає на здоров'я працюючих, сприяє травматизму, знижує продуктивність праці. Робота в умовах шуму, протягом робочої зміни, викликає погіршення слуху, може привести до його втрати.

Зменшення шуму від зіткнення металевих частин машин досягають заміною металевих деталей неметалічними; з цією метою використовують штучну технічну шкіру, пластичні маси і інші не звучні матеріали (з великим внутрішнім тертям).

Для зменшення шуму, що виникає унаслідок вібрацій корпусів і деталей агрегатів, необхідно:

- зниження інтенсивності вібрацій випромінюючих шум, деталей агрегатів (корпусів, кришок нагрівальних колодязів) за допомогою облицювання їх поверхонь вібропоглинаючими матеріалами.

- зменшення зазорів в зчленуваннях деталей і усунення неправильного їх зчленування (перекосів і тому подібне);

- обмеження швидкості обтікання деталей агрегату повітряними і газовими струменями (у вентиляторах, ежекторах).

Крім того, для захисту від шуму використовується:

- акустична обробка приміщень - розміщення на внутрішніх поверхнях приміщення звукопоглинальних облицювань, установка в приміщенні штучних звуковловлювачів.

- зменшення шуму на дорозі його поширення шляхом установки звукоізолюючого обгороджування (перешкоди) у вигляді стенів, перегородок, кожухів, кабін.

- засоби індивідуального захисту робітників.

До засобів індивідуального захисту відносять вкладиші, навушники, і шлеми.

Джерелом вібрації є машини і агрегати, забезпечені електричними двигунами.

Вібрація впливає на нервову систему, зір, слух, шлунково-кишковий тракт, кістково-суглобовий апарат. Довга дія вібрації на організм може привести до стійкого порушення фізіологічних функцій організму.

Послаблення вібрації досягають конструктивними і технологічними заходами:

- урівноваженням балансуванням частин, що обертаються, для забезпечення плавності роботи машин;

- усуненням дефектів і розпущеності окремих частин (наприклад, усуненням асиметрії магнітної системи електромашини);

- віброізоляція за допомогою пристрою амортизаторів, тобто введення в коливальну систему додаткового пружного зв'язку. Амортизатори виконують у вигляді сталевих пружин, ресор, прокладок з гуми і тому подібне;

- активний віброзахист - введення додаткового джерела енергії, що здійснює зворотний зв'язок від ізольованого об'єкту до системи віброізоляції.

При роботі з ручним інструментом(електричним, пневматичним) застосовуються засоби індивідуального захисту рук від дії вібрацій (рукавиці, рукавички) . Враховуючи несприятливі дії холоду на розвиток віброхвороби, при роботі в зимовий час робітників треба забезпечувати теплими рукавицями. Застосовують також антивібраційні пояси, подушки, прокладки, спец взуття.

8.2.4 Виробничі випромінювання

Для захисту від теплової дії застосовують екрани віддзеркалення. Екрани застосовують як для екранування джерел випромінювання, так і для обгороджування робочих місць від дій випромінювання. Екрани, що відображають, використовують і для обгороджування гарячих стінок нагрівальних ковпаків. Розміщення таких екранів на деякій відстані від стінок сприяє природній вентиляції простору між піччю і екраном.

Для індивідуального захисту використовують спеціальний одяг. Костюм складається з повстяної куртки і брюк. Для захисту голови від перегріву і опіків застосовують капелюхи з широкими полями з фетру або грубошерстного сукна. Для захисту ніг застосовують спеціальне взуття. Для захисту рук застосовують брезентові рукавиці.

8.3 Виробнича санітарія

Відповідно до вимог санітарних норм для прокатного виробництва передбачається встановлення санітарно-захисної зони.

Генеральні плани промислових підприємств розробляють відповідно до вимог безпеки праці і санітарно-гігієнічних норм.

Залежно від потужності підприємств, умов технологічного процесу, характеру і кількості шкідливих речовин, що виділяються в довкілля, або шкідливих фізичних дій, а також з врахуванням заходів, що передбачаються, по зменшенню їх несприятливого впливу на довкілля всі підприємства, виробництва і об'єкти підрозділяються на п'ять класів, для яких встановлюються санітарно-захисні зони. Клас виробництва в цеху відповідає I, ширина санітарно-захисної зони не менше 1000 м.

Санітарно-захисна зона може бути збільшена при необхідності і належному техніко-економічному і гігієнічному обгрунтуванні, але не більше ніж в 3 рази, за узгодженням з органами санітарного нагляду. Санітарно-захисну зону забороняється використовувати для розширення промислового майданчика, її територія має бути упорядкована і озеленена.

Виробничі приміщення займають або всю будівлю, або знаходяться в будівлі з іншими цехами (ділянками), при цьому вони розташовуються біля зовнішньої стіни і відділяються від інших цехів (ділянок) капітальною перегородкою.

8.3.1 Санітарно-побутові приміщення

Робота в прокатному відділенні для основного персоналу відноситься до II групи трудових процесів. Найчисленніша зміна це зміна з 8 до 16 коли працюють разом і працівники, що працюють по тризмінному чотири бригадному графіку і працівники, що працюють лише в уранішню зміну. Сумарну кількість працівників складає 38 чоловік. Кількість шаф повинна відповідати обліковому штату працівників. Кількість вмивальних кранів приймаємо з розрахунку один

кран на 3-15 чоловік для чоловіків і 3-12 для жінок. Необхідно передбачити приміщення для гігієнічного душу.

8.4 Електробезпека

Прокатне відділення по мірі небезпеки ураження електричним струмом відноситься до жарких приміщень, оскільки температура повітря перевищує і має струмопровідний пил. До таких приміщень відносяться ті, в яких за умовами виробництва виділяється технологічний пил в такій кількості, що вона осідає на дротах і проникає всередину електроустаткування.

Прокатне відділення відповідно до вимог ПУЕ СНІП III-33-76 відноситься до зони класу В-1б - це зони, розташовані в приміщеннях, в яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих газів або пари ЛВЖ з повітрям не утворюються, а можливі лише в результаті аварій або несправностей.

Електричні машини і апарати вживані в електроустановках прокатного відділення мають бути герметичного, вибухозахищеного виконання.

Для підведення живлення до електроустановок застосовується закрита електропроводка кабелями марок: АППР. АПВ, АППВ, ПРТО, АПРТО, АПВ, ПВ що прокладаються у винипластовых трубах, рідше в сталевих.

По класу пожежної безпеки електроустановки прокатного відділення відносяться до зони П-III класу IP44.

До експлуатації електроустаткування повинен допускатися персонал, ознайомлений з вказівками по техніці безпеки, що пройшли перевірку знань в об'ємі, обов'язковому для даної роботи, і що мають кваліфікаційну групу по техніці безпеки, передбачену правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок з струмопроводами напругою до 1 КВ, підключених в 3-х фазну чотирьохпрохідну мережу з глухозаземленною нейтраллю.

Стійки, корпуси, кожухи електричних машин, вимикачів, щитів управління, КВП, трансформатора і інших металевих частин, які можуть опинитися під напругою, мають бути надійно заземлені.

Має бути перевірене опір ізоляції електроустаткування, яке в будь-якій незаземленій крапці має бути не менше 1 Ом, а ізоляція обмоток електродвигунів (без сполучних дротів) не менше 0,5 Ом. Опір ізоляції обмоток двигунів типа П 200/800 відносно корпусу при температурі близькою до робочої, повинно бути не менше 0,75 Ом.

Опір ізоляції вимірюється мегомметром при напрузі 500-1000 В, а електронної апаратури - низьковольтним вимірювальним приладом.

Все електроустаткування має бути випробуване на пробій струмом підвищеної напруги промислової частоти протягом 1 хв., для чого всі дроти силових ланцюгів і безпосередньо під'єднаних до них ланцюгів управління з'єднуються між собою, а напруга прикладається між цими дротами і заземленим механоприладами транспортера.

Випробувальна напруга має дорівнювати 85 % від найменшої напруги, на якій елементи електроустаткування були випробувані на заводі-виготівнику, але не менше 1500 В. Випробувальна напруга має бути отримане від установки потужністю не менше 500 ВА.

Елементи електроустаткування, не призначені для випробування струмом з такою напругою (електроніка, напівпровідникова апаратура і так далі), але включені в електроланцюги, що підлягають таким випробуванням, перед випробуванням мають бути від'єднані. Обслуговування КВП і програмованого контролера може проводитися лише спеціально виученим персоналом, що пройшов відповідну атестацію для роботи на згаданих пристроях.

Кожна шафа КВП має бути заземлена через два заземлюючі пристрої. Всі відключення і підключення шин і кабелів до трансформатора і будь-якого іншого електроустаткування, а також проведення всіх періодичних оглядів допускаються лише при повністю знятій напрузі, відповідно до правил технічної документації, що діють.

8.5 Заходи пожежної безпеки. Техногенна безпека

Згідно «Правилам установки електроприладів», пожароопасные приміщення і зовнішні установки діляться на чотири класи, приміщення цеху відноситься до класу П-1.

Вибухонебезпечні і зовнішні установки ділять на шість класів, приміщення цеху відноситься до класу В-1а. Виробничий процес в прокатному відділенні відноситься до категорії Г.

До категорії Г відносяться технологічні операції з негорючими речовинами і матеріалами в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжуеться виділенням променистого тепла, іскр, полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються і утилізуються як паливо. Умови розвитку пожежі в будівлях і спорудах багато в чому визначається мірою їх вогнестійкості.

Приміщення прокатного відділення ця будівля переважна з каркасною, конструктивною схемою. Елементи каркаса - сталевих конструкцій. Конструкції, що захищають, - із сталевих профільованих листів і інших негорючих матеріалів з важкогорючим утепленням. Межі вогнестійкості будівельних конструкцій максимальні межі поширення вогню по них вказані в таблиці 8.3

Таблиця 8.3 – Межі вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості будівлі - IIIа	Максимальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (над рисою) і максимальні межі поширення вогню по них (під рисою)
Стіни: - Несучі й сходових кліток - Саме-несущі - зовнішні несучі (з навісних панелей) - Внутрішня несуча (перегородка)	 1/0 0,5/0 0,25/40 0,25/40
Сходові майданчики, сходи, балки та марші сход. кліток	1/0
Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції	0,25/0
Елементи покриттів: - плити, настили (з утеплювачем), прогони - балки, ферми, арки, рами	 0,25/25 0,25/0

У кабельних відсіках і тунелях цеху застосовується система автоматичної сигналізації і система пожежогасінні. У прокатному відділенні відповідно до норм передбачені наступні первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники (ОП-5,ОУ-25), пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубошерстної тканини, ящики з піском, совкові лопати); пожежний інструмент (багри, ломи, сокири і ін.).

У прокатному відділенні передбачено встановлення трьох пожежних щитів. У комплект засобів пожежогасіння, що розміщуються на них, слід включати: вогнегасники - 3 шт., ящик з піском - 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром до 2х2м. - 1 шт., ломи - 1шт., багри - 3 шт., сокири - 2шт., лопати - 2шт.

Одне з найважливіших місць в системі пожежно-профілактичних заходів займає захист від блискавки. Під захистом від блискавки розуміють комплекс захисних заходів від блискавки, що забезпечують збереження будівель і споруд, устаткування і матеріалів від вибухів, загорянь, руйнувань. В даному випадку застосовується захист II категорії. Як блискавкоприймач використовуються металеві конструкції будівлі цеху: труби, дефлектори, крівля, грати підносяться над спорудою. Як блископриймачі застосовуються металеві сітки з дроту діаметром 6-8 мм з вічками 5м на 5м, з майданом до 25 $м^2$. Вузли сітки добре проварені, а сама сітка укладена під шаром гідроізоляції. Як токоотводов використовують металеві конструкції будівлі цеху: рами, арматура залізобетонних елементів. Обов'язковим є дотримання безперервного металевого зв'язку в з'єднаннях, який забезпечується зваркою вузлів.

В разі вибуху або пожежі необхідно організувати негайну евакуацію робітників, які не беруть участь в пожежогасінні. Для цього розроблений план швидкої евакуації співробітників, що передбачає різні виходи з будівлі залежно від розташування вогнища пожежі. Сигналом до евакуації служить пожежна сигналізація. План евакуації наведено у Додатку Б.

8.6 Засоби індивідуального захисту

На роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов’язаних із забрудненням або здійснюваних у несприятливих температурних умовах, працівникам видаються безкоштовно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також змиваючі та знешкоджуючі засоби.

Згідно з ГОСТ 12.4.011-89 у цеху для працівників передбачені такі засоби індивідуального захисту:

- засоби захисту органів дихання (протигази, респіратори, пневмошоломи, пневмомаски)
- спеціальний одяг (комбінезони, напівкомбінезони, куртки, брюки, костюми);
- спеціальне взуття (чоботи);
- засоби захисту рук (рукавиці, рукавички);
- засоби захисту голови (каски);
- засоби захисту обличчя (захисні маски, захисні щитки);
- засоби захисту органа слуху (протишумові навушники, протишумові вкладиші);
- засоби захисту очей (захисні окуляри).

Керівник підприємства (власник) зобов’язаний організувати комплектування та утримання засобів індивідуального захисту відповідно до нормативних актів про охорону праці. Видача спецодягу й інших засобів індивідуального захисту здійснюється згідно з Типовими галузевими нормами безплатної видачі робочим і службовцям спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту. Контроль за застосуванням Типових галузевих норм безплатної видачі цих засобів покладено на Держнаглядохоронпраці. Спеціальний одяг, спеціальне взуття й інші засоби індивідуального захисту облікуються на підприємствах як засоби в обігу незалежно від їх вартості та терміну служби .

ВИСНОВКИ

При розробці проєкту автоматизації колпакової печі поставлені такі цілі:

- автоматизація управління технологічним процесом відпалу металу у ковпаковій печі;
- підвищення надійності роботи обладнання;
- підвищення якості продукції;
- автоматизація збору і зберігання інформації про роботу ковпакової печі;
- економія енерго ресурсів;
- збільшення продуктівності печі;
- зниження впливу помилок експлуатаційного персоналу на процес роботи печі і якість продукції.

Для досягнення поставлених цілей виконано такі завдання:

- вибрані сучасні прилади для АСУТП;
- розроблено верхній рівень керування роботом печі;
- розроблено багатоцільова мережа;
- проведені заходи з техніки безпеки та пожежної безпеки;
- зроблено розрахунок економічної ефектівності проекту.

Загальний економічний ефект досяг 1682622,24 гривень, а термін окупності складає - 1,21 рік, в свою чергу гарантійний термін роботи АСУТП (надійність системи) - 6,3 років.

Тобто впровадження даної АСУТП цілком доцільно и обґрунтовано.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Проектування систем автоматизації : навч.посібник / Під ред. А. С. Клюєва 2-е. вид., доп. Енергоатомиздат,1990 464 с.

2. Ніколаєнко А. М. Програмування систем реального часу : методичні вказівки до лабораторного практикума для студентів ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 49с.

3. Ніколаєнко А. М. Програмування ПЛК у Softlogic-системі KW MULTIPROG : навч.-посіб. Запоріжжя : Видав. ЗДІА, 2008. 203с.

4. Пазюк М. Ю., Овчинникова І. А. Автоматизація технологічних процесів : методичні вказівки до розробки технічного проекту систем автоматизації. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 74с.

5. Свинолобов Н.П. Печи черной металлургии : Учебное пособие для вузов. Днепропетровск : Пороги, 2004. - 154 с.

6. Консультаційний центр Matlab компании Softline. URL: http://matlab.exponenta.ua/ (дата звернення 14.03.25).

7. Кетков Ю., Кетков А., Шульц М . MATLAB 6.x: Програмування числених методів. Київ, 2004. 753 с.

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

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

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

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

12. Закон України «Про охорону праці». Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів. 1 том. Київ, 2003.

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

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

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

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

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

18. Пазюк М. Ю., Міняйло Н. О. Проектування АСУ ТП : методичні вказівки до лабораторних робіт. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 60с.

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

Додаток А

Замовна специфікація на комплекс технічних засобів

Позиція	Найменування та технічна характеристика обладнання	Тип, марка обладнання	Одиниця вимірювання		Код завода-виробника	Код обладнання, матеріалу	Ціна одиниці, грн	Кількість	Маса одиниці обладнання
			Наймен.	Код					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1. Прилади та засоби автоматизації								
1а	Термоелектричний перетворювач, ГОСТ 12997	ТХА-1788	шт.					1	
1б,2г,4г,5б	Блок ручного управління	БРУ-7	шт.					4	
3а,4а,6а,7а,8а,9а	Реєструючий пристрій, ГОСТ 12997	ДІСК-250	шт.					7	
2а, 3а ,4а	Діафрагма, ГОСТ 26969 – 86	ДК-25	шт.					3	
6а, 7а, 8а, 9а	Датчик різниці тиску, ГОСТ14254-96	Метран-100-ДІ	шт.					4	
2б, 3б, 4б	Датчик надлишкового тиску тиску, ГОСТ14254-96	Метран-100-ДД	шт.					3	
1в	Показуючий прилад	МТМ 402-01	шт.					1	
8а	Витратомір	Січ-УЗВ	шт.					1	
1г,2г,4г,5б	Пускач, ГОСТ 14254	ПБР-2М	шт.					4	
1б,2ж,4ж,5г	Виконавчий механіз, ГОСТ 7192-89	МЕО-100/0,25	шт.					4	
	2. Агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки								
а	Аналоговий модуль вводу	170 AAI 52040	шт.					3	
	Адаптер розподіленого вузлу	170 ADO 74050	шт.					1	
в	Дискретний модуль виводу	DIO 140 CRA21120	шт.					1	
	Центральний процесор	140CPU 434 12	шт.					1	
б	Модуль живлення	140CPS 111 00	шт.					1	
	3. Щити та пульти управління								
2	Щит панельний каркасний	ЩПК	шт.					1	
	4. Електроапаратура								
SA1, SA2	Вимикач пакетний, ОСТ 160-625.001	ПВМ-10	шт.					2	
SA3...SA7	Вимикач пакетний, ОСТ 160-625.001	ПВ2	шт.					5	
FU1, FU2	Плавка вставка, ТУ 16-522.091-72	ВП-2Б-1	шт.					2	
FU3...FU7	Плавка вставка, ТУ 16-522.113-72	ПН2	шт.					5	
КК1	Клемна колодка	КК-1	шт.						
КК2	Клемна колодка	КК-2	шт.					1	
	5. Трубопровідна арматура								
	Труба захисна	Тр23*2,8мм	м					92	
	6. Кабелі та провадка								
	Кабель	КВРБГ4*1.0	м					90	
	Кабель	КВРБГ6*1.0	м					30	
	Кабель	КВРБГ3*1.0	м					30	
	7. Монтажні матеріали								
	Рейка DIN	РП 35/75-0,8-6	шт.					1	
	Монтажная панель 140 ХВР 004 00	40 ХВР 004 00	шт.					1	

Додаток Б

План евакуації з цеху

