

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 (проект)
перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему: «Проект автоматизації нижньої зони доменної печі в умовах ПАТ
«Запоріжсталь». САР температури гарячого дуття»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1510
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)

Мінаєв Вячеслав Олександрович
(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., проф. Пазюк М.Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент директор ТОВ «Електротехма»
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Курієць І.А.

Запоріжжя 2024

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 Коваленко В.Л.

« 17 » 06 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Мінаєву Вячеславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи «Проект автоматизації нижньої зони доменної печі в умовах ПАТ «Запоріжсталь». САР температури гарячого дуття»
- 2 керівник роботи, Пазюк М.Ю. д.техн.наук, професор,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « » 2024 року №

3 Строк подання студентом роботи 12.05.2024 р.

4 Вихідні дані до роботи: технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики

5 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації, розробка технічного завдання, проєктування систем автоматизації, розробка технічної документації, розрахунок систем автоматизації, розрахунок надійності системи, організаційне забезпечення, охорона праці та техногенна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) функціональна схема автоматизації, принципові електричні схеми, монтажна-комутаційна схема, загальний вигляд щита, схема зовнішніх з'єднань.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
2	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
3	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
4	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
5	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
6	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
7	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
8	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		

7. Дата видачі завдання 20 березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення особливостей технологічного процесу	20.03 – 26.03. 2024 р.	веконано
2	Аналіз стану об'єкту та існуючих систем автоматизації	27.03 – 02.04 2024 р	веконано
3	Розробка технічного завдання	03.04 – 09.04. 2024 р	веконано
4	Моделювання САР	10.04 – 16.04. 2024 р	веконано
5	Підбір технічних засобів автоматизації для реалізації систем керування	17.04 – 23.04. 2024 р	веконано
5	Визначення і опис небезпечних і шкідливих факторів на виробництві	24.04 – 30.04. 2024р	веконано
6	Розрахунок техніко-економічних показників проекту	01.05 – 07.05. 2024 р	веконано
7	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю	08.05 – 12.05. 2024 р	веконано
8	Підготовка доповіді	22.05 – 23.05. 2024 р	веконано

Студент

(підпис)

Мінаєв В.О.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

д.т.н., проф. Пазюк М.Ю
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

к.т.н., доцент Овчинникова І.А.
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Проект автоматизації нижньої зони доменної печі в умовах ПАТ «Запоріжсталь». САР температури гарячого дуття», яка включає 88 сторінок машинописного тексту, 17 рисунків, 23 таблиці.

Метою роботи є розробка системи автоматизованого регулювання температури гарячого дуття.

У загальній частині описується доменна піч і технологічний процес який в ній протікає. Дано порівняльну характеристику рівня автоматизації діючому підприємстві та аналогічних об'єктів на інших підприємствах. Сформульовано завдання на проектування системи автоматизації.

У спеціальній частині були підібрані технічні засоби автоматизації та були наведені основні розрахунки. Розроблено технічну документацію проекту, в склад якої входять: схема інформаційних та матеріальних потоків, структурна схема, функціональна схема, принципова електрична схема управління та живлення, розроблений передній та задній вид щита КВПіА, монтажна та комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань, схема трас і проводок, розроблена специфікація, також наведені головні розрахунки собівартості та прикладний код програми для контролера WAGO. Для розробленої системи виконана оцінка надійності.

В економічно – організаційній частині виконаний розрахунок собівартості продукції та обчислено економічний ефект від введення системи.

У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів у доменному цеху, розроблені заходи щодо їх запобігання.

ДОМЕННА ПІЧ, ДУТТЯ, ПИЛОВУГІЛЬНЕ ПАЛИВО, ОБ'ЄКТ РЕГУЛЮВАННЯ, КОНТРОЛЛЕР, WAGO.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи	8
1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об'єктах підприємств України та Зарубіжжя	14
1.6 Недоліки існуючої системи управління.....	15
2.1 Вимоги до системи в цілому	17
2.1.1 Вимоги до структури системи та функціонування системи....	17
2.1.2 Вимоги до численності та кваліфікації персоналу системи	17
2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу	21
2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів	23
2.2 Вимоги до функцій (задач), які виконуються системою.....	24
2.3 Вимоги до видів забезпечення	24
2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення	24
2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення	25
2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення	27
2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення.....	28
3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури системи автоматизації.....	30
3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру	30
3.3 Вибір (розробка) математичної моделі системи управління.....	31
3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА	33
3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади, блок живлення	34
3.4.2 Промислові контролери.....	38
3.4.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи	42
4.1 Функціональна схема автоматизації системи регулювання температурою гарячого дуття	54

4.3 Принципова електрична схема живлення системи регулювання температурою гарячого дуття	57
4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА.....	58
4.5 Зовнішній вид щита та вид на внутрішній панелі	59
4.7 Схема трас та проводок	61
6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	65
7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації.....	67
ВИСНОВОК.....	85
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	86

ВСТУП

Удосконалення технології і підвищення продуктивності праці в усіх галузях промисловості відносять до найважливіших завдань технологічного прогресу нашого суспільства. Вирішення цих завдань можливо лише при впровадженні автоматичних систем регулювання, як окремими об'єктами, так і виробництвом в цілому. Тому при організації промислового виробництва за принципом: випуск заданої кількості продукції при мінімумі матеріальних витрат і затрат ручної праці, автоматизація грає вирішальну роль.

Для кожного рівня розвитку технологічного процесу існує раціональний межа обсягу автоматизації, під яким розуміється максимальна оснащеність технологічного агрегату комплексом засобів і систем автоматизації, що мають термін окупності, який не перевищує гранично допустимої величини.

Металургійні агрегати як об'єкти автоматичного управління мають ряд специфічних особливостей, однак загальні положення теорії автоматичного регулювання можуть бути досить повно використані при створенні систем.

Кінцевими вихідними величинами доменного процесу є продуктивність печі, витрата коксу на одиницю виплавленого чавуну і склад чавуну. Основні обурення – зміна фізико – хімічних властивостей завантажуються матеріалів. Регулюючими впливами «зверху» є система завантаження шихти і рудна навантаження або при постійній величині рудної подачі маса коксу в подачі; регулюючими впливами «знизу» – режим дуття (витрата, температура, вологість, вміст кисню в дуття, витрата природного газу, розподіл дуття і природного газу по фурмам).

При розробці автоматичної системи управління металургійним процесом одним з найважливіших процесів синтезу є аналіз металургійного процесу як об'єкта управління, тобто вплив структури процесу, визначенні, визначення вхідних і вихідних змінних, знаходження математичних залежностей між вхідними та вихідними змінними, що описують поведінку металургійного процесу.

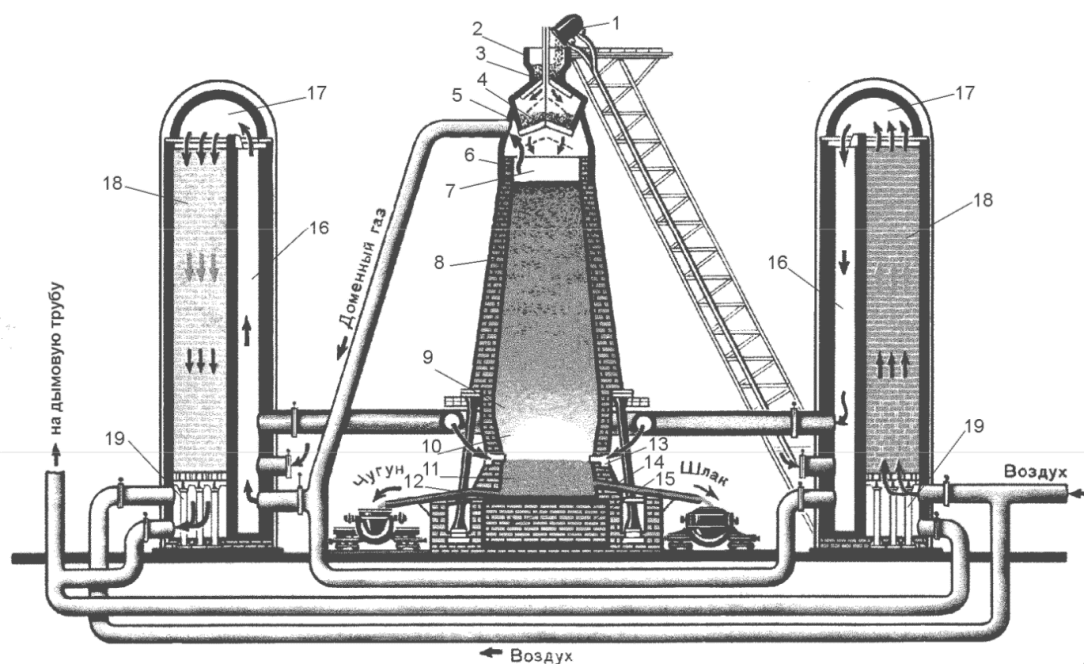
1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи

Доменний цех який працює в умовах ПАТ «Запоріжсталь» має в своєму складі чотири доменні печі наступного корисного об'єму:

- №2 – 1513м³;
- №3 – 1513м³;
- №4 – 1513м³;
- №5 – 1513м³.

Схема доменної печі, представлена на рисунку 1.1.



- 1 – скіп; 2 – приймальна воронка; 3 – малий конус; 4 – великий конус;
 5 – воронка великого конуса; 6 – захисні сегменти; 7 – ведучий; 8 – шахта;
 9 – распар; 10 – заплечники; 11 – горн; 12 – чавунна льотка; 13 – фурма;
 14 – шлакова льотка; 15 – лещадь; 16 – камера горіння Каупера;
 17 – підкупольний простір; 18 – вогнетривка насадка Каупера;
 19 – поднасадочний простір

Рисунок 1.1 – Схема доменної печі

Шихта завантажується в доменну піч [1]. В доменній печі завантажені шихтові матеріали в результаті протікання фізичних і фізико – хімічних процесів поступово перетворюються на чавун, шлак і доменний газ [2]. У нижню частину печі подається нагріте до температури 1150 – 1200 °С повітря, збагачене киснем для інтенсифікації процесу і природний газ, що є замінником частки коксу в доменній плавці. В результаті хімічних реакцій окислення вуглецю коксу і термічного розкладання природного газу утворюється оксид вуглецю. В результаті взаємодії оксиду вуглецю з оксидами заліза відбувається часткове відновлення заліза.

Остаточне відновлення заліза, його вуглецювання з утворенням чавуну здійснюється в нижній частці доменної печі. Оксиди кремнію, кальцію, магнія та інші елементи, що містяться в агломераті, окатишах, кусковій руді і вапняку після плавки переходять в шлак. Під час випуску продуктів плавки з доменної печі відбувається розділення чавуну і шлаку. Продуктами доменної плавки є чавун, шлак і доменний газ [3].

Рідкий чавун використовується, в основному, в мартенівському цеху для виплавки сталі, а так само в ливарному цеху для виробництва виливниць.

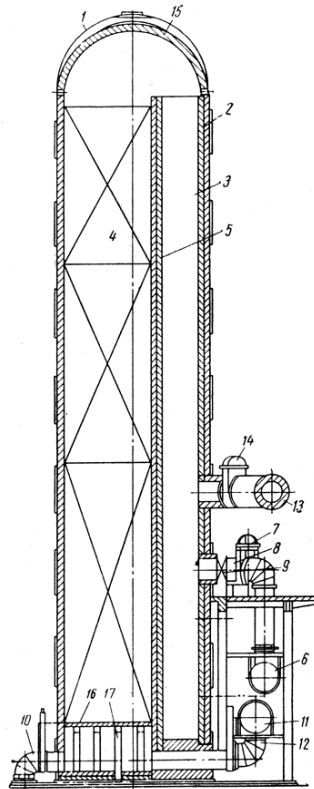
Рідкий шлак поступає на гранбасейн для грануляції, після чого реалізується споживачам для використання, в основному, в дорожньому будівництві. Отримані шлаки використовуються для виготовлення цементу, цегли, шлакоблоків та інших будівельних матеріалів [4].

Останнім продуктом в доменній печі є доменний газ. Після очистки від пилу використовується як паливо для підігріву насадок повітрянагрівачів, сталевих зливків, коксових батарей, для опалення котлів та ін. [5].

Розташування всіх доменних печей – острівне. Острівний план доменного цеху забезпечує найбільшу незалежність і зручність транспортного обслуговування кожної печі [6]. Бункерна естакада розташована між доменними печами і рудним двором вздовж лінії печей і являє собою вивищується на 10-16 м над нульовою позначкою залізобетонне споруда, що складається з окремих бункерів та їх обладнання [7].

Для обслуговування доменного цеху залізничним транспортом в цеху є залізничні колії.

Нагрівання дуття в доменному виробництві – один з найважливіших етапів його розвитку, який зіграв величезну роль в зниженні витрат пального і підвищенні продуктивності доменних печей [8]. Пошуки шляхів підвищення температури дуття привели до створення регенеративних повітрянагрівачів, що показали значну перевагу за рівнем досягнутої нагрівання повітря і швидко витіснили з практики всі раніше створені конструкції. Таким чином вони стали переважним засобом для нагріву доменного дуття до теперішнього часу. Схема повітрянагрівача, представлена на рисунку 1.2.



1 – кожух; 2 – кладка; 3 – камера горіння; 4 – насадка; 5 – розділова стіна;
 6 – газовий клапан; 7 – відокремлюваний клапан; 8 – підведення до пальника; 9
 – пальник; 10 – димової клапан; 11 – клапан холодного дуття; 12 – патрубок
 трубопроводу холодного дуття; 13 – трубопровід гарячого дуття; 14 – клапан
 гарячого дуття; 15 – футеровка купола; 16 – литі металеві піднасадні решітки;
 17 – литі металеві піднасадні колони

Рисунок 1.2 – Схема повітрянагрівача

Очищений доменний газ (або суміш доменного і коксового газів), підведений до повітрянагрівачів, подається в камеру горіння газовим пальником спільно з необхідним для спалювання газу повітрям, що подається спеціальною повітродувною станцією. Відпрацьовані гази газу піднімаються вгору під купол повітрянагрівача, де відбувається їх повне згорання та розвивається максимальна температура. Далі продукти згорання опускаються вниз через канали насадки. Віддаючи насадки своє тепло, вони охолоджуються до 150 – 400 °С і потім відводяться через димові клапани в боров до димаря. Після нагріву насадки та досягнення максимально допустимої температури підкупольного простору подача газу в камеру горіння припиняється.

Через піднасадочний простір, насадку і камеру горіння в зворотному газу напрямку подається повітря, який нагрівається, проходячи через гарячу насадку, і потім через клапан гарячого дуття прямує по повітропроводу гарячого дуття в доменну піч.

Після охолодження насадки повітрянагрівач знову переводять на режим нагріву. Безперервність подачі дуття забезпечується наявністю блоку з трьох – чотирьох повітрянагрівачів на піч, з яких по черзі два або три працюють в режимі нагріву, а решта – на дуття, в залежності від їх числа і прийняте схеми роботи (одиначної або попарно паралельної). Режимми нагрівання та охолодження є основними для роботи повітрянагрівача. Крім цього, він може перебувати на «тязі» або бути відключеним.

1.2 Технологічний процес, як об'єкт автоматизації

Доменний процес – виплавка чавуну в доменній печі [9]. У доменну піч завантажують пиловугільне паливо і агломерат.

Агломерат – це певним чином підготовлена руда, спеченная з флюсом [10]. За допомогою вдуваного повітря або кисню підтримується постійна температура, необхідна для виплавки чавуну. У горні відбувається згорання

вугілля і утворення вуглекислого газу. Процес відновлення руди відбувається головним чином у верхній частині шахти.

У руді також присутній порожня порода – пісок або діоксид кремнію, який є тугоплавким з'єднанням [11]. Щоб тугоплавку речовину перетворити на легкоплавку, в руду додають флюси (наприклад, CaCO_3). При взаємодії з якими тугоплавке з'єднання утворює легко відокремлюваний шлак. Залізо поступово опускається у більш гарячу частину печі (розпар) і розчиняє в собі до 4 % вуглецю й інші домішки [12]. Таким чином, утворюється чавун, який розплавляється і стікає в нижню частину печі, а шлаки залишаються на його поверхні. Розплавлені чавун і шлаки періодично випускають через спеціальні отвори [13]. При цьому з отвору виходять гази, що містять ~ 25% оксиду вуглецю, їх спалюють у кауперах (камерах, призначених для нагрівання газів).

За допомогою вдування в піч кисню можна прискорити виплавку чавуну, при цьому попередній нагрів становиться непотрібним. В результаті чого відпадає необхідність у кауперах, а також разом з цим підвищується продуктивність печі і зменшення витрати палива. У великій доменній печі щохвилини відбувається виплавка 2,5 тонн чавуну. Переробка чавуну в сталь відбувається при окисленні міститься в чавуні вуглецю і домішок та відділенні утворюються оксидів в газову фазу або шлак. Основна маса чавуну переробляється в сталь при мартенівському процесі.

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві

Під час проходження переддипломної практики на ПАТ “Запоріжсталь”, був проведений аналіз існуючого рівня автоматизації у доменному виробництві.

На даному підприємстві використовуються, як первинний перетворювач термопара ТПР – 0573 в парі з нормуючим перетворювачем Ш9322, це дуже не раціонально, бо сигнал може надходити з похибкою.

Також використовуються регулятори, а в якості вторинних приладів використовуються ДИСК – 250, які схильні до частих механічних зносів і необхідна їх постійна перевірка. Прилади мають такі недоліки, як: висока похибка при вимірюваннях, відсутність ліній зв'язку для передачі вимірної величини на відстань і реєстрації на ЕОМ, велику вагу і габарити, велику енергоємність, вплив вапнякового пилу на рухомі частини та деталі пристроїв. В якості палива використовується кокс, який має дефіцит і велику вартість.

Прилади, які використовуються на діючому виробництві морально застаріли і це негативно впливає на доменний процес, як наслідок, на продуктивність печі. Крім цього, в системі КВП печі відсутня сигналізація про вихід за задані межі будь – якого з контрольованих технологічних параметрів.

Проаналізувавши існуючий рівень автоматизації на діючому виробництві, можна зробити висновок, що функції, які виконуються системою, та її технічне забезпечення є застарілими, що призводить до виникненню аварійних ситуацій та економічних збитків. Тому слід модернізувати систему для покращення якості продукції, що виготовляється, для мінімізації економічних збитків та збільшення річного економічного прибутку.

1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків

Спираючись на відомості про будову печі та процеси, які відбуваються в ній під час роботи, складено схему матеріальних та інформаційних потоків. Ця схема є основою для розробки функціональної схеми автоматизації.

Схему матеріальних та інформаційних потоків наведено у графічній частині проекту на кресленні ЗНУ ІННІ Д2.160321.001.СМІП.

Потоки інформаційних сигналів:

- інформація про температуру гарячого дуття;
- інформація про вологість гарячого дуття;
- інформація вмісту кисню в гарячому дутті;
- інформація вміст кисню в печі;

- інформація про витрату дуття;
- інформація про вагу пиловугільного палива;
- інформація тиск дуття (фурма №1);
- інформація тиск дуття (фурма №2);
- інформація тиск дуття (фурма №3);
- інформація про тиск азоту;
- інформація про рівень пиловугільного палива в бункері.

Потоки регулюючих сигналів:

- регулювання подачі холодного дуття;
- регулювання подачі пара;
- регулювання подачі кисню для гарячого дуття;
- регулювання подачі кисню у піч;
- регулювання подачі пиловугільного палива;
- регулювання подачі пиловугільного палива для фурми №1;
- регулювання подачі пиловугільного палива для фурми №2;
- регулювання подачі пиловугільного палива для фурми №3;
- регулювання витрати азоту.

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

Розглянемо рівень автоматизації доменної печі яка знаходиться на підприємстві «АрселорМіттал Кривий Ріг», Дніпропетровська область.

Контрольно – вимірювальна апаратура і елементи засобів автоматизації, які використовуються в доменній печі:

- звужуючий пристрій: тип ДБ 2,5 – діафрагма безкамерна: умовний тиск 0,25 МПа, внутрішній діаметр трубопроводу $D_{тр} = 400 - 1200$ мм;
- дифманометр ДМ 3583 М. Верхня межа вимірювання тиску 0,04 МПа. Робочий тиск до 16 МПа. Вихідний сигнал 0 – 5 мА;

- блок кондуктивного поділу БКР. Живлення напруги 220 В, частота 50 Гц. Час витрачений при виконанні функції гальванічного поділу 8 мс. Час витрачений при виконанні операції підсумовування 0,5 мс. Споживана потужність 18 В*А;

- блок регулюючий імпульсний РБІМ. Похибка підсумовування вхідних сигналів не перевищує + 0,5%. Відносна вологість повітря від 30 до 80%. Відхилення напруги живлення не більше 20% від номінального значення, частота 50 Гц;

- задатчик ручний тип РЗД – 22. Електричне живлення 220 – 240 В або 24 В. Похибка 2,5%. Споживана потужність не перевищує 4 В*А;

- блок ручного управління БРУ. Технічні дані: електричне живлення 24 В при частоті 50 Гц. Споживана потужність не перевищує 2,5 В*А;

- пускач безконтактний реверсивний ПБР – 2. Джерело живлення пускачів мережу змінного струму напругою 220 В, частота 50 Гц. Максимальний комутований струм 4 А. Потужність споживана пускачем не більше 20 В*А;

- виконавчий механізм. Тип МЕК – 25К – 120. Технічні дані: номінальний час повного ходу вала 10 с, номінальний повний хід вихідного валу 0,25 об, номінальний обертаючий момент на вихідному валу 250 нм, напруга живлення при частоті 50 Гц 220/380 В, споживана потужність 290 В*А.

1.6 Недоліки існуючої системи управління

Проведений аналіз рівня автоматизації, який дає змогу зробити висновок, що існуюча система в доменному цеху має ряд таких недоліків:

- використання застарілих датчиків ТПР – 0573;
- використання застарілих проміжних перетворювачів Ш9322;
- використання застарілих вторинних приладів ДІСК – 250;
- відсутність мікропроцесорних контролерів;
- використання в якості палива – коксу, який має велику ціну;
- відсутність автоматизованого робочого місця оператора.

Тому для покращення якості продукції, що виготовляється на підприємстві, мінімізації економічних збитків та збільшення річного економічного прибутку, в дипломну проекті пропонується провести наступні заміни та модернізації у доменному цеху:

- замінити ТПР – 0573 та Ш9322 на більш сучасний первинний термодетвораювач з уніфікованим вихідним сигналом ТХАУ – 205ЕХ – 16;
- замінити ДИСК – 250 на більш сучасні вторинні прилади КП – 1Е;
- встановити мікропроцесорний контролер WAGO;
- встановити автоматизоване робоче місце оператора;
- використовувати пиловугільне паливо, замість коксу.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

2.1.1 Вимоги до структури системи та функціонування системи

АСУ нижньої зони складається з трьох рівнів.

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

Цей рівень містить у собі датчики, що здійснюють збір інформації про температуру, тиск, витрату, положення механізмів і інших параметрів технологічного процесу [14].

Другий рівень: програмований логічний контролер "WAGO".

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

Третій рівень: комплекс засобів, для відображення технологічного процесу, а також для передачі параметрів керування в контролер [15].

Цей рівень виконаний на базі сучасних персональних комп'ютерів, обладнаних спеціальними платами – комунікаційними процесорами для зв'язку з контролерами через шину PROFIBUS.

Через ці комп'ютери здійснюється завдання параметрів і режимів роботи доменної печі, а також здійснюється управління піччю в ручному режимі в разі виникнення позаштатних ситуацій.

2.1.2 Вимоги до численності та кваліфікації персоналу системи

Для обслуговування системи необхідні наступні співробітники:

- начальник цеху;
- начальник відділу ремонту;
- начальник відділу експлуатації;

- старший майстер;
- оператор поста управління;
- слюсарі – ремонтники.

До кваліфікації персоналу, що обслуговують систему, ставляться такі вимоги:

- начальник цеху – повна вища освіта за спеціальністю;
- начальник відділу ремонту – повна вища освіта за спеціальністю;
- начальник відділу експлуатації – повна вища освіта за спеціальністю;
- старший майстер – неповна вища освіта за спеціальністю;
- оператор поста управління – неповна вища освіта за спеціальністю;
- слюсарі – ремонтники – повна середня освіта за спеціальністю.

Графік кожного співробітника має наступний вигляд:

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

2.1.3 Вимоги до надійності

Для якісного та надійного керування АСУ ТП повинна відповідати стандартам. Вона не повинна припиняти роботу навіть при відхиленнях системи. Для цього системі надають можливостей, при яких вона може працювати навіть у позаштатному режимі.

Для підвищення надійності системи управління і забезпечення автономної роботи агрегатів повинні бути передбачені органи ручного управління, сигналізації та індикації.

Показники надійності системи повинні відповідати вимогам АСУ «Надійність автоматизованих систем управління. Основні положення».

Забезпечення необхідного рівня надійності потребує проведення

спеціального комплексу робіт, що виконуються на різних стадіях створення і експлуатації АСУТП [16].

Надійність технічних засобів і програмного забезпечення, що призначені для реалізації кожної функції системи, повинна забезпечувати і сукупності виконання вказаних вимог по надійності функцій системи в цілому [17].

Необхідний рівень надійності конкретної АСУТП повинен забезпечуватися спеціальним комплексом робіт, що проводяться на всіх етапах створення і функціонування системи [18].

На всі технічні засоби в документації повинен бути вказаний визначений термін служби чи визначений ресурс. Середній термін служби системи в цілому – не менше 10 років з врахуванням проведення відновлюваних робіт.

2.1.4 Вимоги до безпеки

Технологічні процеси даного виробництва характеризуються використанням токсичних, пожежо- і вибухонебезпечних продуктів, що в сукупності вимагає жорстких вимог до АСУТП.

В зв'язку з цим використані в складі АСУТП технічні засоби, встановлені безпосередньо на технологічних установках, по захисту від дії навколишнього середовища повинні мати вибухозахищене виконання, що відповідає категоріям вибухонебезпеки технологічного процесу і використаним на виробництві продуктам. Інші технічні засоби, що встановлюються в приміщеннях управління – нормального виконання.

В приміщеннях управління повинні бути передбачені автономні контури заземлення, не зв'язані гальванічно з контурами заземлення будь – яких інших виробничих приміщень, а також нейтраллю трифазної мережі.

Опір заземлюючого пристрою між корпусом будь – якої частини обладнання системи і землею не повинно перевищувати 4 Ом у будь – яку пору року.

В загальному повинні бути передбачені два контури заземлення для обладнання РСУ і ПАЗ:

- контур захисного заземлення з опором не більше 4 Ом;
- при наявності іскробезпечних кіл з пасивними бар'єрами Зенера – контур «чистого» заземлення з опором не більше 1 Ом.

Вимоги безпеки при монтажі, налагодженні, експлуатації, обслуговуванні і ремонті технічних засобів системи повинні бути приведені в документації на технічні засоби.

Підготовка робочих місць, ремонт, експлуатація електрообладнання повинна бути виконана згідно “Правилам безпечної експлуатації електроустановок споживачів” ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98.

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

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

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

Види, періодичність і регламент обслуговування технічних засобів повинні бути вказані у відповідних інструкціях з експлуатації [19]. Основні технічні засоби системи управління повинні бути розміщатися в спеціальних приміщеннях. Приміщення, в яких повинні розташовуватися дані технічні засоби, повинні відповідати вимогам Інструкції з проектування будинків і приміщень для ЕОМ.

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

- температура навколишнього повітря $+(20\pm 5)$ °С;
- відносна вологість навколишнього повітря (60 ± 15) %;
- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (680 – 800 мм.рт.ст.);
- запиленість повітря в приміщенні – не більше 1мг/куб.м при розмірі часток не більше 3 мкм;

- напруженість зовнішнього електричного поля повинна бути не більше 0,3 В/м;
- напруженість зовнішнього магнітного поля повинна бути не більше 5,0 А/м;
- частота вібрації повинна бути не більше 25 Гц при амплітуді не більше 0,1 мм.

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

2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Для захисту персональних комп'ютерів використовуються різноманітні програмні методи, що значно розширюють можливості по забезпеченню безпеки інформації, що зберігається [20]. Серед стандартних захисних засобів персонального комп'ютера найбільше поширення одержали:

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

Саме тому система повинна автоматично або вручну вести журнал обліку користувачів, записи якого мають містити повну інформацію про роботу та дії користувачів системи. Це зумовлює використання ідеї роботи з системою тільки зареєстрованих користувачів, що виключає можливість доступу до інформації третіх осіб. Кожен користувач повинен мати власний набір дозволених дій для перегляду або зміни даних та керуючих функцій [21].

Захищена частина системи повинна використовувати "сліпі" паролі (при наборі пароля його символи не відображаються на екрані або замінюються одним типом символів; кількість символів не відповідає довжині пароля) [22].

Захищена частина системи повинна автоматично блокувати сесії користувачів і додатків за заздалегідь заданими часів відсутності активності з боку користувачів і додатків [23].

Захищена частина системи повинна використовувати багаторівневу систему захисту. Захищена частина системи повинна бути відокремлена від незахищеною частини системи фаєрволом.

2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях

Порушення нормальної роботи, включаючи переривання і вихід за встановлені промисловим стандартом межі параметрів первинного електроживлення (за винятком верхньої межі напруги) не повинні приводити до втрати архіву накопиченої ретроспективної інформації АСУ ТП [24].

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

- захист від несанкціонованого доступу до оперативної і архівної інформації;
- запис оперативної інформації про стан технологічних процесів в циклі обробки оперативної інформації на жорсткий диск ПК;
- можливість запису архівної інформації і оперативно – звітних даних на зовнішні пристрої, що запам'ятовують;
- наявність блоків живлення типу UPS для АРМ і контролерів, що забезпечують електроживлення при відключенні зовнішніх джерел живлення на якийсь час не менш 1 (одної) години;
- регламент копіювання і збереження програмного забезпечення і бази даних на компакт – дисках;
- наявність енергозалежної пам'яті, яка забезпечує збереження програмного забезпечення і його відновлення відповідно регламенту.

2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Приміщення для пристроїв і модулів обчислювальних (мікропроцесорних) коштів не повинні розташовуватися поруч з апаратурою, що створює сильні магнітні та електричні поля.

Станція оператора повинна встановлюватися в опалюваному приміщенні, з параметрами:

- температура повітря від +10 до +35 градусів °С;
- відносна вологість повітря від 30 до 80 % при температурі +30 °С;
- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.);
- частота вібрації підлоги не більше 25 Гц при амплітуді не більше 0,1 мм;
- вміст речовин, що викликають корозію, не більше 0,1 %;
- освітленість не менше 150 люкс на висоті 0,8 м від рівня підлоги (для робочих місць 350 – 400 люкс).

Місцеві шафи автоматизації, призначені для установки у виробничих приміщеннях, повинні мати ступінь захисту від навколишнього середовища IP65 [25].

2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації

Система, що розробляється, повинна бути універсальною, забезпечувати можливість її використання на широкому класі об'єктів керування та відповідати досягнутому світовому рівню в області створення АСУ ТП за функціональним розвитком, зручності експлуатації та мати можливість в легкому її обслуговуванні.

Конструктивне виконання технічних засобів автоматизації в системі АСУ ТП, повинно бути переважно модульної структури, що передбачає можливість модернізації застарілих і заміни окремих модулів, які вийшли зі строю, а також розвитку функціональних можливостей за рахунок застосування нових модулів, так як мають більш широкий діапазон технічних характеристик.

2.2 Вимоги до функцій (задач), які виконуються системою

Системи які винесені в кваліфікаційній роботі:

- система автоматичного регулювання температури гарячого дуття призначена для вимірювання та регулювання температури гарячого дуття в доменній печі;

- система автоматичного регулювання вологості гарячого дуття призначена для вимірювання та регулювання вологості гарячого дуття в доменній печі;

- система автоматичного регулювання вмісту кисню в гарячому дутті призначена для вимірювання та регулювання вмісту кисню в гарячому дутті в доменній печі;

- система автоматичного регулювання вмісту кисню в печі призначена для вимірювання та регулювання вмісту кисню в доменній печі;

- система автоматичного регулювання співвідношення між пиловугільним паливом та дуттям призначена для вимірювання та регулювання співвідношення між пиловугільним паливом та дуттям в доменній печі;

- система автоматичного регулювання розподілу дуття по фурмам призначена для вимірювання та регулювання розподілу дуття по фурмам в доменній печі;

- система автоматичного регулювання тиску азоту призначена для вимірювання та регулювання тиску азоту в доменній печі;

- контроль рівня пиловугільного палива призначений для вимірювання рівня пиловугільного палива в доменній печі.

2.3 Вимоги до видів забезпечення

2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Інформаційне забезпечення АСУ ТП повинне включати наступні типи інформації:

- нормативно – довідкову інформацію;
- оперативну інформацію;
- архівну інформацію;
- статистичну інформацію.

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

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

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

Статистична інформація повинна містити інформацію про напрацювання устаткування.

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

2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

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

Інтерфейс системи повинен бути реалізований переважно українською мовою. Допускається при виконанні регламентних процедур використання англійської мови, що повинно бути обумовлено в документації.

Лінгвістичне забезпечення системи повинно бути достатнім для спілкування різних категорій користувачів в зручній для них формі з технічними засобами, що розробляється і для здійснення процедур перетворення і машинного уявлення оброблюваної інформації.

2.3.3 Вимоги до програмного забезпечення

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

Загальносистемне програмне забезпечення повинно включати:

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

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

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

2.3.4 Вимоги до технічного забезпечення

Комплекс технічних засобів повинен включати:

- а) первинні перетворювачі;
 - 1) температури;
 - 2) тиску;
 - 3) витрати;

- 4) вмісту речовини;
- 5) рівня;
- б) вторинні перетворювачі неелектричних величин в уніфіковані струмові сигнали 4 – 20мА;
- в) програмований логічний контролер, що забезпечує управління технологічним процесом за допомогою;
 - 1) прийому сигналів від первинних (вторинних) перетворювачів;
 - 2) обробки отриманих даних відповідно до програми користувача;
 - 3) видачі управляючих впливів на виконавчі механізми;
- г) пускачі, що забезпечують посилення слабкострумових сигналів управління перед надходженням їх на виконавчі механізми;
- д) виконавчі механізми, необхідної потужності для приведення в рух регулюючих органів зусиллям;
- е) регулюючі органи, що забезпечують необхідний ступінь герметичності.

2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення

Метрологічні характеристики вимірювальних каналів визначаються і нормуються в процесі метрологічну атестацію згідно ДСТУ3215 – 95, ДСТУ2682 – 94, ДСТУ2708 – 94.

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

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

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

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

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

Основна похибка нормується при наступних умовах експлуатації:

- температура навколишнього повітря: $+ 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря: від 30 % до 80 %;
- атмосферний тиск: від 84 до 107 кПа;
- напруга живильної мережі: $220 \text{ В} \pm 10 \%$;
- частота: $50 \pm 1 \text{ Гц}$;
- відсутність зовнішніх електричних і магнітних полів;
- відсутність вібрації, трясіння, ударів.

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

2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення АСУТП повинно бути достатнім для ефективного виконання персоналом покладених на нього обов'язків по експлуатації системи.

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

Організаційне забезпечення повинно включати вимоги по чисельності і кваліфікації персоналу АСУТП і КВП, інструкції по кожному виду діяльності, і точне визначення виконуваних функцій [26].

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

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

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

Інструкції організаційного забезпечення для технологічного персоналу повинні визначати його дії при відмові технологічних засобів.

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

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури системи автоматизації

Функціональна структура системи автоматизації повинна складатися з таких рівнів.

Нижній рівень: комплекс засобів, для отримання даних про стан обладнання, технологічний процес і його параметри.

Цей рівень включає в себе датчики, які здійснюють збір інформації про температуру, тиск, витрату та інших параметрів технологічного процесу та виконавчі механізми які змінюють витрату сировини яка подається в піч.

Середній рівень: програмований логічний контролер WAGO, та комплекс технічних засобів.

Даний контролер, отримавши інформацію з нижнього і з верхнього рівнів, здійснює управління технологічним процесом за програмою користувача. Управління здійснюється шляхом подачі команд на виконавчі механізми.

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

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

3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

Доменна піч має сім параметрів, за якими необхідно виробляти керуючі впливи.

1. Для регулювання температури гарячого дуття управляючим параметром виступає температура на трубопроводі гарячого дуття. Для її регулювання керуючий вплив подається на виконавчий механізм який за допомогою заслінки на трубопроводі змінює витрату холодного повітря.

2. Для регулювання вологості гарячого дуття керуючий вплив подається на виконавчий механізм який за допомогою заслінки на трубопроводі подачі пару змінює витрату пару.

3. Для регулювання вмісту кисню в гарячому дутті керуючий вплив подається на виконавчий механізм який за допомогою заслінки на трубопроводі подачі повітря змінює витрату повітря.

4. Для регулювання вмісту кисню в доменній піч керуючий вплив подається на виконавчий механізм який за допомогою заслінки на трубопроводі подачі повітря змінює витрату повітря.

5. Для регулювання співвідношення пиловугільного палива – дуття керуючі впливи подаються на виконавчі механізми які за допомогою заслінки на трубопроводах дуття та пиловугільного палива змінюють витрату цих енергоносіїв.

6. Для регулювання розподілу дуття по фурмам керуючі впливи подаються на виконавчі механізми які за допомогою заслінок на трубопроводах подачі пиловугільного палива змінює витрату цих енергоносіїв.

7. Для регулювання тиску азоту керуючий вплив подається на виконавчий механізм який за допомогою заслінки на трубопроводі змінює витрату азоту на трубопроводі.

Усі системи регулювання одноконтурні.

3.3 Вибір (розробка) математичної моделі системи управління

Математична модель САР температури гарячого дуття розроблена у програмному пакеті Simulink середовища Matlab.

За допомогою математичної моделі можна побудувати перехідні процеси при використанні різних законів регулювання, та зробити оптимізацію САР.

Зміна температури на виході з насадки протягом повітряного періоду:

$$\Delta t_{\text{в}} = \tau_{\text{в}} \frac{t_{\text{в}}^{\text{к}} - t_{\text{в}}^{\text{п}}}{T_{\text{в}} - \frac{\tau_{\text{в}}}{2}}, \quad (3.1)$$

де $\tau_{\text{в}}$ – тривалість повітряного періоду, год.;

$t_{\text{в}}^{\text{к}}$ – кінцева температура періоду нагріву дуття, °С;

$t_{\text{в}}^{\text{п}}$ – початкова температура періоду нагріву дуття, °С;

$T_{\text{в}}$ – час повітряного періоду, год.

Передатна функція об'єкту має вигляд:

$$W_{\text{об}}(p) = \frac{100}{50p^2 + 10p + 0,9} \quad (3.2)$$

Розроблена математична модель має вигляд, представлений на рисунку 3.1.

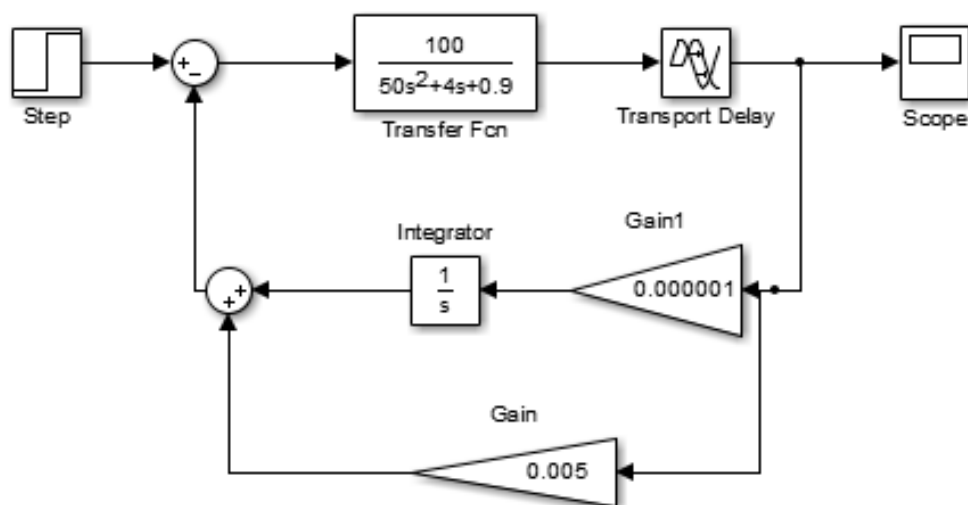


Рисунок 3.1 – Математична модель САР температури гарячого дуття

Використовуючи розроблену математичну модель та передатну функцію, був знайдений оптимальний закон регулювання температури гарячого дуття. За допомогою ПІ – закону регулювання з настройками $K_p=0.005$ та $T_i = 0.000001$ перехідний процес має вигляд який представлений на рисунку 3.2.

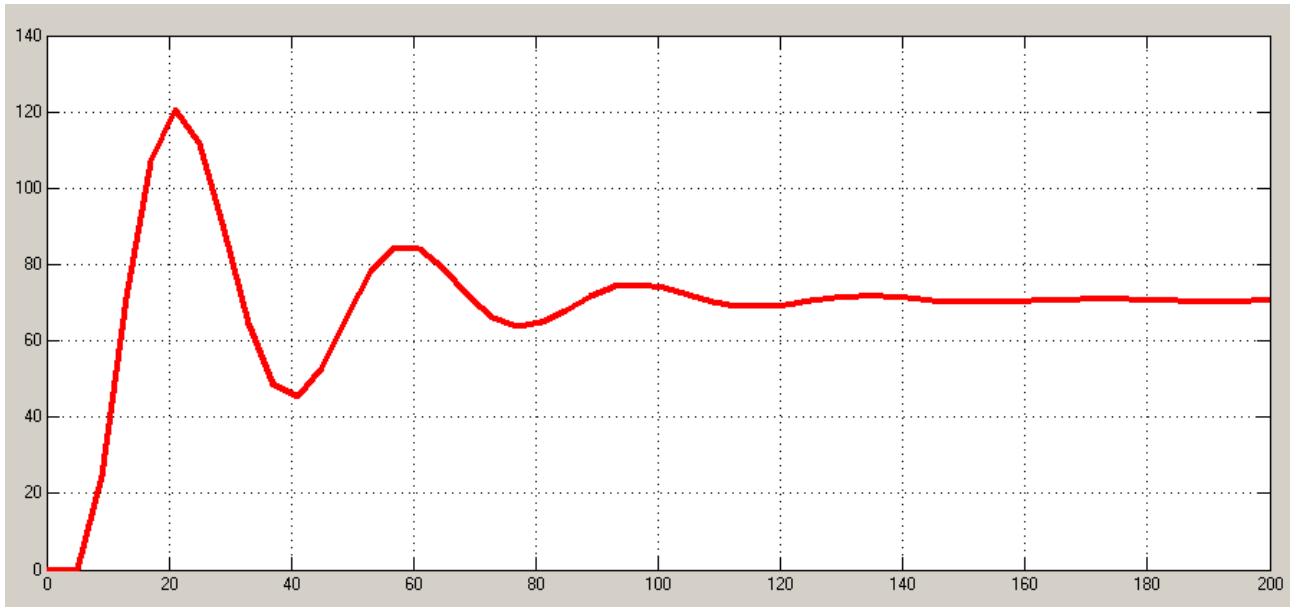


Рисунок 3.2 – Перехідний процес з налаштуваннями $K_p=0.005$ та $T_i=0.000001$

3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА

Щоб розробити САР температури гарячого дуття, необхідна певна кількість технічних засобів, завдяки яким можна робити регулювання подачі кисню до доменної печі, через повітрянагрівач.

Температура гарячого дуття досягає 1150 – 1200 °С, тому рекомендовано обирати ТХАУ – 205ЕХ – 16, тому що діапазон вимірювання температури в цьому приладі знаходиться 0 – 1300 °С.

Для реєстрації показників, використовується прилад КП – 1Е, цей прилад може замінити застарілий ДИСК – 250, який схильний до частих механічних зносів і необхідна їх постійна перевірка.

Сигнал з КП – 1Е передається до контролера WAGO 750 – 841, якого достатньо, для того, щоб розробити програму, подачу кисню до

повітрянагрівача, також для подачі азоту, чи інших видів газу. Тому цей контролер є найоптимальнішим як у працездатності, так і в його ціні.

З нього передається сигнал до ПБР – 2М1, який в свою чергу призначений для безконтактного управління електричними виконавчими механізмами в приводі яких використані трифазні електродвигуни.

Щодо виконавчого механізму використовується МЕО – 100/25, обґрунтування вибору саме цього виконавчого пристрою, приведені нижче у розрахунках.

Також використовується ДУП – М, для того щоб було зрозуміло наскільки відкрита заслонка МЕО.

Для живлення приладів використовується БП – 906.

3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади, блок живлення

Усі технічні засоби були обрані відповідно до вимог точності та надійності.

Список технічних засобів, які були підібрані для системи автоматизації представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні засоби системи автоматизації

Елементи	Кількість
Перетворювач рівня радарний БАРС 322МИ	1
Перетворювач тиску Cerabar M	4
Термоперетворювач ТХАУ – 205ЕХ – 16	1
Промисловий датчик вологості температури повітря ПВТ100	1
Датчик різниці тиску Метран 100ДД	1
Аналізатор кисню ОСХ 8800	2
Діафрагма камерна ДК – 100	1
Конвеєрні ваги ВК – 202	1
Вторинний реєструючий прилад КП – 1Е	9

Багатоканальний реєструючий прилад Альфалог – 100М	1
Блок ручного управління БРУ – 10	9
Пускач безконтактний реверсивний ПБР – 2М1	10
Виконавчий механізм МЕО – 100/25	10
Дистанційний показник положення ДУП – М	1
Контролер WAGO	1

Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТХАУ – 205ЕХ – 16 – призначений для вимірювання температури гарячого дуття доменних печей. Загальний вигляд ТХАУ – 205ЕХ – 16 наведений на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Термоперетворювач ТХАУ – 205ЕХ – 16

Технічні характеристики ТХАУ – 205ЕХ – 16, представленні у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики ТХАУ – 205ЕХ – 16

Параметр	Значення параметра
Температурний діапазон, °С	0 – 1300 °С
Матеріал захисної арматури	Сталь 12Х18Н10Т
Вихідний сигнал	4 – 20 мА
Напруга живлення	12 – 36 В
Клас точності	Від 0,25

Реєстратор технологічний КП – 1Е, з функцією архівування даних призначений для вимірювання та автоматичного регулювання температури та інших неелектричних величин, перетворених в сигнали сили, напруги постійного струму і активний опір постійному струму. Вбудований буфер пам'яті дозволяє архівувати значення вимірюваної величини. Для перенесення архіву на ПК передбачений USB – порт на лицьовій панелі. Прилади застосовуються в різних технологічних процесах у промисловості та енергетиці, в тому числі атомної [27]. Загальний вигляд КП – 1Е наведений на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Мікропроцесорний вимірювач – регулятор технологічний
КП – 1Е

Технічні характеристики КП – 1Е представленні у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики КП – 1Е

Параметр	Значення параметра
Вбудоване джерело живлення	24 В
Вихідні сигнали	Стумові: 0 – 5/4 – 20 мА; Напруга: 0 – 10 В
Інтерфейс	RS – 485/Ethernet

Блок живлення призначений для перетворення змінної напруги мережевої частоти (~ 220 В) або постійної напруги в стабілізовану напругу $=24$ В або $=36$ В [28]. Загальний вигляд БП – 906 наведений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Блок живлення БП – 906

Технічні характеристики БП – 906 представленні у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики БП – 906

Параметр	Значення параметра
Вихідна напруга	24/36 В
Гальванічно розв'язані канали	1, 2, 4 або 8
Максимальний струм навантаження на канал:	
Для багатоканального приладу	до 150 мА
Для одноканального приладу	до 1000 мА

3.4.2 Промислові контролери

Для управління роботою доменною піччю було обрано контролер WAGO. WAGO 750 – 841, який представлений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Контролер WAGO 750 – 841

Оснащений 100 – Mbit портом Ethernet, контролер підтримує протоколи ModbusTCP і EtherNet/IP. WAGO 750 – 841 є безініціативним контролером,

тому працює під управлінням будь – якого інтелектуального пристрою, наприклад комп'ютера зі SCADA – програмою [29].

Він програмується інструментальною системою програмування WAGO – I/OPRO CAA (CoDeSys) відповідно до стандарту IEC 61131 – 3, використовуючи 512 Кбайт пам'яті програм, 128 Кбайт пам'яті даних і 24 Кбайт незалежної пам'яті.

Контролер побудований на базі 32 – бітового процесора, який працює в мультитізадачному режимі і має вбудований годинник – таймер реального часу.

Контролер має напругу живлення 24 В постійного току. Експлуатаційний режим контролера відображається за допомогою індикаторів у формі світлодіодів. В деяких випадках, вони є різноколірними (червоними/зеленими або червоними/ зеленими/рожевими).

У нижній частині мережного адаптера під захисною стулкою знаходиться конфігураційний і програмний порт, а також операційний перемикач режимів.

Конфігураційний і програмний порт зв'язку використовується для програмування контролера за допомогою середовища розробки WAGO – I/O – PRO CAA (CoDeSys), а також для завантаження мікропрограм. Операційний вимикач режиму має три положення:

- у верхньому положенні – обробка програми активована;
- у середній позиції – програмований пристрій працює, додаток контролера зупинений;
- нижнє положення вимикача режиму – апаратні засоби скинуті, змінні встановлені в нуль або приведені в початковий стан.

Всі модулі I/O SYSTEM 750 виконані на основі вібростійкого не обслуговуваного затиску CAGE CLAMP, який забезпечує системі найвищу надійність.

Кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера дорівнює 11 уніфікованих струмових сигналів діапазону 4 – 20 мА. Для прийому цих вхідних сигналів необхідно встановити наступні модулі:

- 8 – каналний аналоговий модуль вводу WAGO 750 – 496;

- 2 – каналний аналоговий модуль вводу WAGO 750 – 452;

- 2 – каналний аналоговий модуль вводу WAGO 750 – 452.

Зміну витрат технологічних параметрів здійснюють 9 виконавчих механізмів, а це означає, що для керування їх роботою потрібно 18 вихідних каналів дискретного модуля виводу.

Для керування роботою виконавчих механізмів необхідно встановити наступний модуль:

- 8 – каналний дискретний модуль виводу 750 – 530;

- 8 – каналний дискретний модуль виводу 750 – 530;

- 2 – каналний дискретний модуль виводу 753 – 501.

Крім модулів вводу – виводу необхідно встановити кінцевий термінальний модуль WAGO 750 – 600.

Програмування контролерів виробництва WAGO здійснюється за допомогою широко відомої інструментальній системи CoDeSys (скорочення від слів Controller Development System). Як і будь – яке добре середовище, що задовольняє вимогам МЕК 61131 – 3, CoDeSys включає 5 спеціалізованих редакторів для кожної із стандартних мов програмування: релейно – контактні схеми (LD), Функціональні блокові діаграми (FBD), Список інструкцій (IL), Структурований текст (ST), Послідовні функціональні схеми (SFC). Редактори підтримуються великою кількістю допоміжних інструментів, які прискорюють програмування. Редактори FBD, LD і SFC автоматично розміщують свої графічні елементи і сполучення відповідно до структури діаграми. Це прискорює ввід, гарантує логічно узгоджене відображення і практично позбавляє від ручного вводу.

Алгоритм роботи програми:

У піч подаються наступні енергоносії: пиловугільне паливо, дуття, кисень, азот. Для їх подачі у програмі застосовуються контакти: Pylovugilne_palyvo_On, Duttya_On, Kysen_On, Azot_On. Після замикання відповідного контакту спрацьовує Set – катушка і у піч подається відповідний енергоносії. Для зупинки подачі енергоносіїв у програмі застосовуються

контакти: Pylovugilne_palyvo_Off, Duttya_Off, Kysen_Off, Azot_Off. Після замикання відповідного контакту спрацьовує Reset – катушка і у піч перестає подаватися енергоносії.

Програма має наступний вигляд на рисунку 3.7.

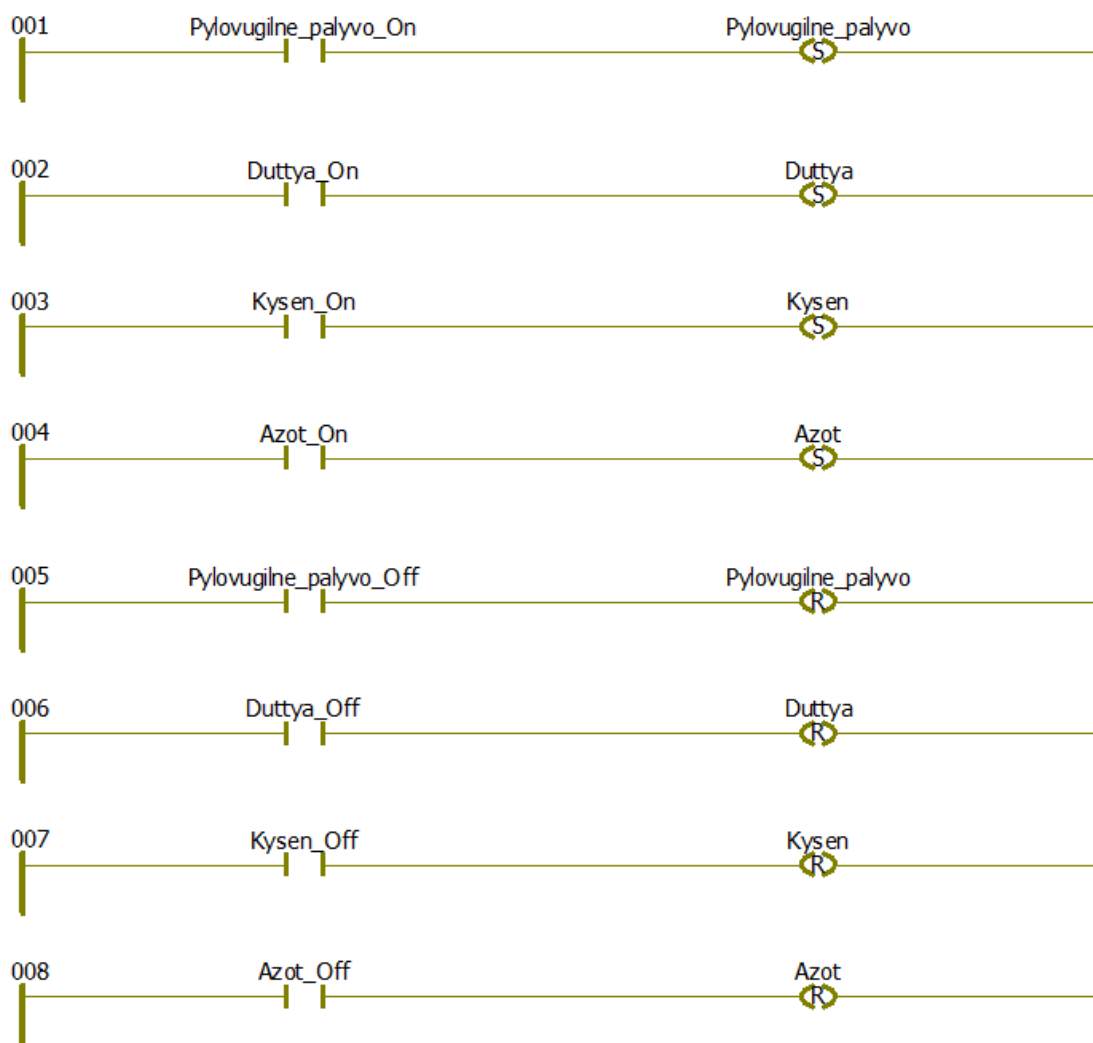


Рисунок 3.7 – Прикладна програма для контролера

Змінні, які були прив'язанні до контактів та катушок, представленні на рисунку 3.8.

Name	Type	Usage	Description	Address
☐ Default				
Pylovugiline_palyvo_On	BOOL	VAR	Подача пилловугільного палива в доменну піч	%IX0.1
Pylovugiline_palyvo	BOOL	VAR	Стан сигналу подачі пилловугільного палива	%QX0.1
Duttya_On	BOOL	VAR	Подача дуття в доменну піч	%IX0.2
Duttya	BOOL	VAR	Стан сигналу подачі дуття	%QX0.2
Kysen_On	BOOL	VAR	Подача кисню в доменну піч	%IX0.3
Kysen	BOOL	VAR	Стан сигналу подачі кисню	%QX0.3
Azot_On	BOOL	VAR	Подача азоту в доменну піч	%IX0.4
Azot	BOOL	VAR	Стан сигналу подачі азоту	%QX0.4
Pylovugiline_palyvo_Off	BOOL	VAR	Припинення подачі пилловугільного палива в доменну піч	%IX1.1
Duttya_Off	BOOL	VAR	Припинення подачі дуття в доменну піч	%IX1.2
Kysen_Off	BOOL	VAR	Припинення подачі кисню в доменну піч	%IX1.3
Azot_Off	BOOL	VAR	Припинення подачі азоту в доменну піч	%IX1.4

Рисунок 3.8 – Змінні в програмі контролера

3.4.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи

Для того щоб вибрати регулюючий орган та виконавчий механізм, потрібно виконати їх розрахунки.

Загальні втрати тиску на заданому відрізку трубопроводу складаються з втрат на відрізку трубопроводу до $\Delta P_{л1}$ та після $\Delta P_{л2}$ регулювального органу, а також на самому РО $\Delta P_{ро}$.

Втрати на РО визначаються з різниці загального перепаду тиску в мережі $\Delta P_{мер}$ та сумарних втрат тиску на лінії до $\Delta P_{л1}$ та після $\Delta P_{л2}$ РО.

Густина пари при робочій температурі при початковому тиску $P_{поч}$ та тиску P_2 після РО, кг/м³:

$$\rho_1 = \rho_H * \frac{P_{поч} * T_H}{P_H * T} = 1.33 * \frac{0,1049 * 293}{0,1 * 303} = 1,349 \text{ кг/м}^3; \quad (3.3)$$

$$\rho_2 = \rho_H * \frac{P_2 * T_H}{P_H * T} = 1.349 * \frac{0,10415 * 293}{0,1 * 303} = 1,36 \text{ кг/м}^3 \quad (3.4)$$

Розрахункова максимальна витрата газів для умов до РО Q_{max1} , та після РО Q_{max2} , М³/ГОД:

$$Q_{max1} = Q_{max} * \frac{P_H * T}{P_{нач} * T_H} = 4194 * \frac{0,1 * 303}{0,105 * 293} = 4134,6 \text{ м}^3/\text{год}; \quad (3.5)$$

$$Q_{max2} = Q_{max} * \frac{P_H * T}{P_2 * T_H} = 4194 * \frac{0,1 * 303}{0,10415 * 293} = 4164,3 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.6)$$

Абсолютний тиск середовища після РО:

$$P_2 = P_1 - 0,3 * (P_{нач} - P_{кон}) = 0,00415 \text{ МПа} \quad (3.7)$$

Абсолютний тиск середовища до РО:

$$P_1 = P_{нач} - \Delta P_{л1} = 0,00487 \text{ МПа} \quad (3.8)$$

Об'ємна витрата залежить тільки від густини.

Динамічна в'язкість середовища при $P_{поч}$ (P_2) та T :

$$\mu_1 = 1,36 * 10^{-5} \text{ Па} * \text{с}; \quad (3.9)$$

$$\mu_2 = 1,33 * 10^{-5} \text{ Па} * \text{с} \quad (3.10)$$

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

$$V_1 = \frac{354 * 4134,6}{350^2} = 11,95 \text{ м/с}; \quad (3.11)$$

$$V_2 = \frac{354 * 4164,32}{350^2} = 12,034 \text{ м/с} \quad (3.12)$$

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

$$Re_1 = 354 * \frac{4134,6 * 1,33}{350 * 1,67 * 10^{-5}} = 3,33 * 10^5; \quad (3.13)$$

$$Re_2 = 354 * \frac{4164,32 * 1,36}{350 * 1,67 * 10^{-5}} = 9,6 * 10^5 \quad (3.14)$$

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

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

$$\lambda_1 = \frac{1}{(2 * \lg(19,5 * D_{ст}))^2} = \frac{1}{(2 * \lg(19,5 * 350))^2} = 0,011; \quad (3.15)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{(2 * \lg(19,5 * D_{ст}))^2} = \frac{1}{(2 * \lg(19,5 * 350))^2} = 0,017 \quad (3.16)$$

Втрати тиску в лінії до РО $\Delta P_{л1}$ та після РО $\Delta P_{л2}$ при максимальних витратах Q_{max1} та Q_{max2} :

$$\Delta P_{пр1} = \frac{1,349 * 50 * 0,011 * 11,95^2}{2 * 350} = 0,00015 \text{ Па}; \quad (3.17)$$

$$\Delta P_{пр2} = \frac{0,017 * 1,36 * 23 * 12,034^2}{2 * 350} = 0,00011 \text{ Па}; \quad (3.18)$$

$$\Delta P_{м1} = \frac{(0,25 + 0,082) * 1,349 * 11,95^2}{2} = 27,16 \text{ Па}; \quad (3.19)$$

$$\Delta P_{м2} = \frac{(0,25 + 0,45) * 1,36 * 12,034^2}{2} = 68,933 \text{ Па}; \quad (3.20)$$

$$\Delta P_{л1} = 0,00015 + 27,16 = 0,0000272 \text{ МПа}; \quad (3.21)$$

$$\Delta P_{\text{л2}} = 68,933 + 0,00011 = 0,000069 \text{ МПа} \quad (3.22)$$

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

$$\Delta P_{\text{po}} = 0,0024 - (0,000069 + 0,0000272) = 0,00238 \text{ МПа} \quad (3.23)$$

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

Розрахувати необхідне значення перепускної здатності $K_v \text{ max}$ в залежності від Q_{max} і ΔP_{po} , м³/год.

Рівняння для потоку газу:

$$K_{v\text{max}} = \frac{4194}{5350} * \sqrt{\frac{1,250 * 303 * 1}{0,0023 * 0,00415}} = 4938 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.24)$$

Стосовно переліку типорозмірів дросельних РО, вибираємо РО з умовною перепускною здатністю K_{vy} , яка більше розрахункового значення $K_v \text{ max}$ на 20%:

$$K_{vy} \geq 1,2 * K_{v\text{max}} ; \quad (3.25)$$

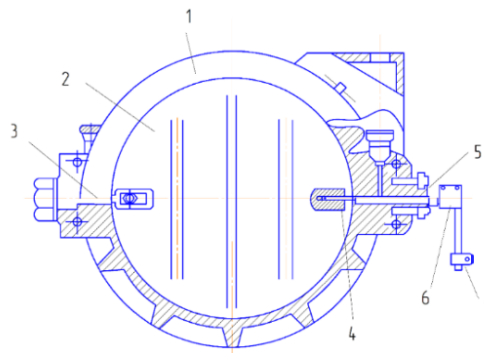
$$K_{vy} \geq 1,2 * 4938,1 = 5190,96 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.26)$$

За отриманими розрахунками, був обраний тип регулюючого органу, наведений в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Тип обраного регулюючого органу і його характеристики

Тип	Допускна температура середовища, °С	Умовний діаметр, мм	Перепускна здатність $K_{v y}$, т/год	Середовище
Поворотна затулка <i>ПРЗ</i>	300	350	5500	Газ, пара

Поворотна затулка ПРЗ зображена на рисунку 3.9.



1 – чавунний корпус; 2 – затулка; 3,4 – піввісі; 5 – стрілка; 6 – кривошип;
7 – рухома головка

Рисунок 3.9 – Поворотна затулка ПРЗ

Розрахунок з'єднання регулювального органу з виконавчим механізмом відбувається графічно.

Вхідною величиною з'єднання є кут повороту вала регулюючого органу. Тому статичну характеристику з'єднання потрібно перевести з безрозмірної в розмірну, перерахувавши кожну точку в градуси кута повороту, отримавши таким чином залежність кута повороту регулюючого органу від кута повороту вихідного вала виконавчого механізму.

На графіку виділяємо три точки, які найбільш вірогідно відображають його характер у бажаному діапазоні.

Визначаємо прирощення кутів повороту вихідного вала виконавчого механізму і відповідні їм прирощення кутів повороту регулювального органу.

Задаючи відстань між вісями валів виконавчого механізму та регулюючого органа, а також знаючи довжину кривошипа виконавчого механізму – 200 мм попередньо приймаємо розмір кривошипа – 400 мм.

Задаючи початкові кути положення кривошипів 20° , будуємо їх взаєморозміщення в масштабі 1:4.

Будуємо нові положення кривошипів виконавчого механізму та регулюючого органа для прирощень кутів повороту ВМ та РО.

Далі визначаємо дійсний розмір кривошипа РО та кута його положення:

Довжина кривошипа РО = 237,2 мм.

Довжина тяги між кривошипами РО та ВМ = 650 мм.

Статична характеристика з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом, представлена на рисунку 3.10.

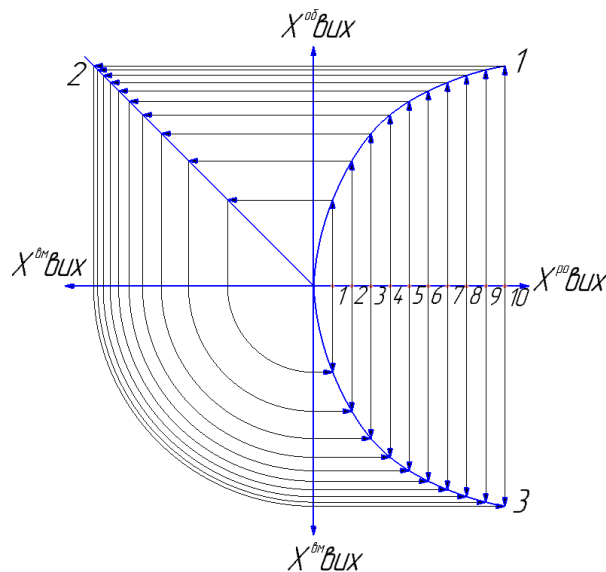


Рисунок 3.10 – Будова безрозмірної статичної характеристики з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом

Графічна будова з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом, представлена на рисунку 3.11.

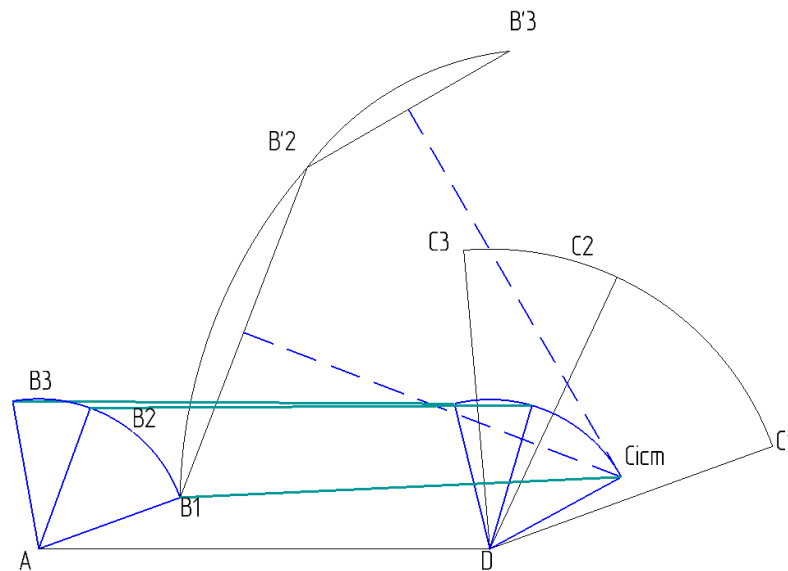


Рисунок 3.11 – Графічна будова з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом

Принципова електрична схема з'єднання виконавчого механізму з пускачем ПБР – 2 М1, представлена на рисунку 3.12.

Вибір виконавчого механізму (ВМ) базується на зусиллі, яке він повинен розвивати для зміни положення РО. Для поворотальних затулок величину моменту, необхідного для їх обертання визначають за формулою:

$$M = K(M_p + M_T) \quad (3.27)$$

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

$$M_p = 0,07 * 4870 * (0,35)^3 = 14,62 \text{ Нм}, \quad (3.28)$$

де $\Delta P_{зат}$ – перепад тиску на затулці, Па.

Рекомендується брати рівним надлишковому тиску перед затулкою.

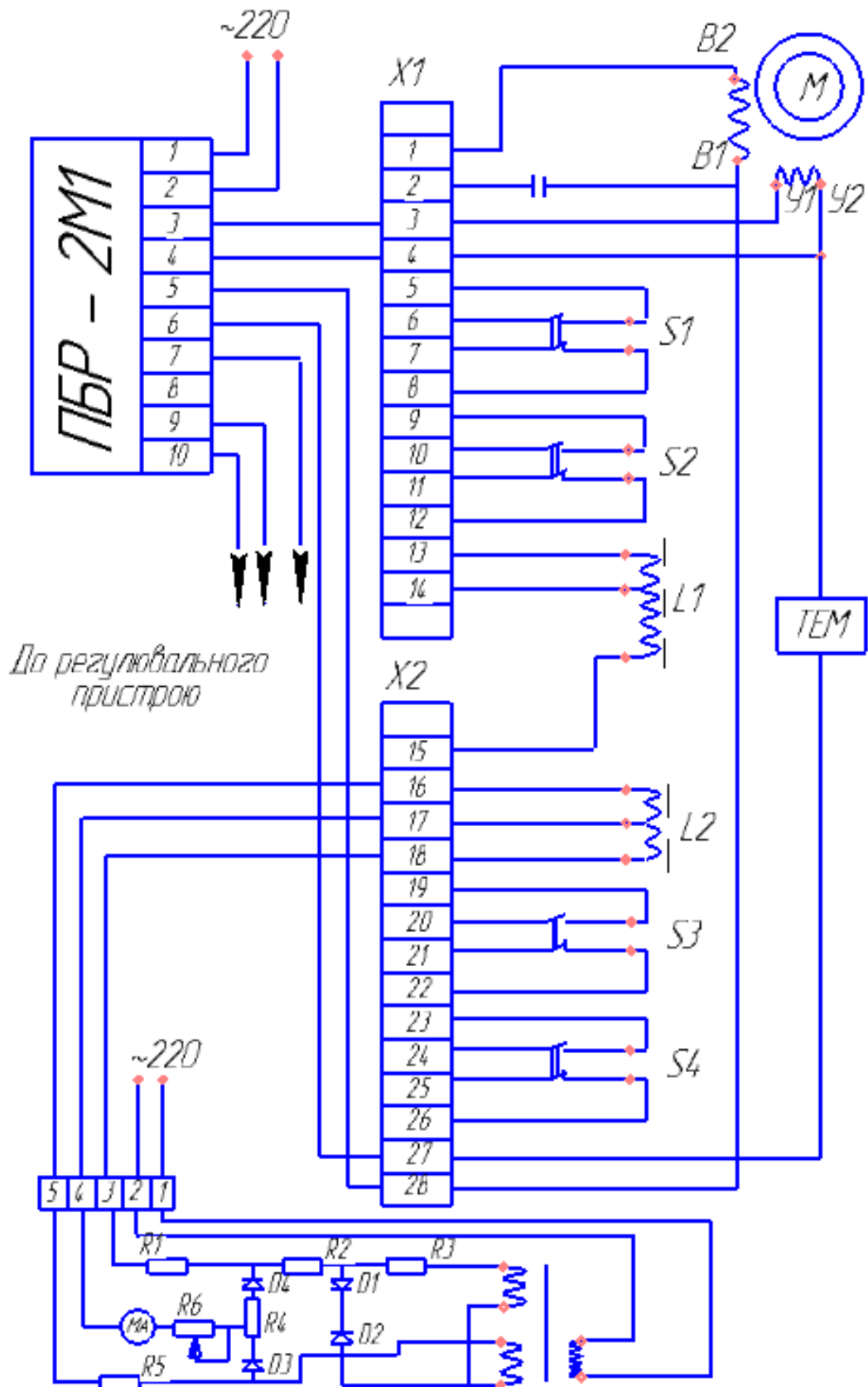


Рисунок 3.12 – Принципова електрична схема з'єднання виконавчого механізму з пускачем ПБР – 2М1

Момент тертя в опорах, Нм:

$$M_T = 0,785 * D_y^2 * R_{зат} * R_{ш} * \lambda = 1,4 \text{ Нм}, \quad (3.29)$$

де $R_{ш} = 0,02$ – радіус шийки вала затулки, м;

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

D_y – умовний діаметр, м;

$K = 2 - 3$ – коефіцієнт, який враховують зтягнення защільників та завантаженість трубопроводу.

$$M = K(M_p + M_T) = 2 * (14,62 + 1,4) = 32,04 \text{ Нм} \quad (3.30)$$

Після цього обираємо виконавчий механізм. Обраний виконавчий механізм і його характеристики представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Обраний виконавчий механізм і його характеристики

Тип	Номінальний обертальний момент на вихідному валу, Н·м	Номінальний час повного ходу вихідного вала, с	Номінальний хід вихідного вала, оберти
МЭО – 100/25 – 0,63	100	10	0,25

Опис та характеристика технічних засобів приведена нижче.

Пускач безконтактний реверсивний ПБР – 2М1 призначений для безконтактного управління електричними виконавчими механізмами, в приводі яких використовуються однофазні конденсаторні електродвигуни [30]. Загальний вигляд ПБР – 2М1, представлений на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – Пускач безконтактний реверсивний ПБР – 2М1

Технічні характеристики БП – 906 представленні у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики ПБР – 2М1

Параметр	Значення параметра
Номінальна напруга	220 В
Частота	50 Гц
Вхідний опір	750 Ом
Максимально комутований струм	4 А
Маса приладу	Не більше 2 кг

Механізм електровиконавчий однообертовий МЕО – 100/25 призначений для переміщення регулюючих органів в системах автоматичного регулювання технологічними процесами згідно з командними сигналами автоматичних регулюючих і керуючих пристроїв.

Принцип роботи виконавчих механізмів полягає в перетворенні електричного сигналу що надходить від регулюючого або керуючого пристрою в обертальний рух вихідного валу [31]. Загальний вигляд МЕО – 100/25, представлений на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 – Виконавчий механізм МЕО – 100/25

Технічні характеристики МЕО – 100/25 представленні у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики МЕО – 100/25

Параметр	Значення параметра
Тип	Поворотна затулка
Діапазон температури	0 – 300 °С
Діаметр	150 мм
Середовище	Газ, пара

Дистанційний показник положення – механічний призначений для дистанційної вказівки положення вихідного вала електричного виконавчого механізму МЕО, МЕОФ або МСП, що має реостатний або індуктивний датчик. Загальний вигляд ДУП – М, представлений на рисунку 3.15.



Рисунок 3.15 – Дистанційний показник положення ДУП – М

Технічні характеристики ДУП – М представленні у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики ДУП – М

Параметр	Значення параметра
Споживна потужність	Не більше 5 В*А
Маса	Не більше 0,6 кг

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації системи регулювання температурою гарячого дуття

Функціональні схеми автоматизації є основним технічним документом, що визначає функціонально – блокову структуру окремих вузлів автоматичного контролю, управління і регулювання технологічного процесу і оснащення об'єкта керування приладами і засобами автоматизації [32]. Об'єктом управління в системах автоматизації технологічних процесів є сукупність основного та допоміжного обладнання.

При розробці функціональних схем вирішуються такі завдання:

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

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

- система автоматизованого регулювання температури гарячого дуття. Для вимірювання температури використовується перетворювач термоелектричний ТХАУ – 205ЕХ – 16 (поз. 1а), сигнал з якого потрапляє до вторинного реєструючого приладу КП – 1Е (поз. 1б). Далі сигнал потрапляє до контролера, а з нього до пускача ПБР – 2М1 (поз. 1в), а з нього на виконавчий механізм МЕО – 100/25 (поз. 1г). З МЕО – 100/25 поступає сигнал до приладу ДУП – М (поз. 1д), який показує дистанційне положення вихідного валу МЕО – 100/25 – 0,63;
- система автоматизованого регулювання вологості гарячого дуття. Для вимірювання вологості гарячого дуття використовується промисловий датчик

вологості ПВТ100 (поз. 2а), сигнал з якого потрапляє до вторинного реєструючого приладу КП – 1Е (поз. 2б), далі сигнал потрапляє до контролера, а з нього до блоку ручного управління БРУ – 10 (поз. 2в), далі сигнал надходить до пускача ПБР – 2М1 (поз. 2г), а з нього на виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63 (поз. 2д);

- система автоматизованого регулювання вмісту кисню в гарячому дутті. Для вимірювання вмісту кисню в гарячому дутті використовується аналізатор кисню ОСХ 8800 (поз. 3а), сигнал з якого потрапляє до вторинного реєструючого приладу КП – 1Е (поз. 3б), далі сигнал потрапляє до контролера, а з нього до блоку ручного управління БРУ – 10 (поз. 3г), далі сигнал надходить до пускача ПБР – 2М1 (поз. 3д), а з нього на виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63 (поз. 3е);

- система автоматизованого регулювання вмісту кисню в печі. Для вимірювання вмісту кисню в гарячому дутті використовується аналізатор кисню ОСХ 8800 (поз. 4а), сигнал з якого потрапляє до вторинного реєструючого приладу КП – 1Е (поз. 4б), далі сигнал потрапляє до контролера, а з нього до блоку ручного управління БРУ – 10 (поз. 4г), далі сигнал надходить до пускача ПБР – 2М1 (поз. 4д), а з нього на виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63 (поз. 4е);

- система автоматизованого регулювання співвідношення пиловугільного палива – дуття. Для вимірювання витрати дуття використовується камерна діафрагма ДК – 100 (поз. 5а), яка з'єднана з датчиком різниці тиску Метран – 100ДД (поз. 5б), з нього сигнали потрапляє до вторинного реєструючого приладу КП – 1Е (поз. 5в), далі сигнал потрапляють до контролера. Для вимірювання витрати пиловугільного палива використовується конвеєрні ваги ВК – 202(поз. 6а) з них сигнал потрапляє до вторинного реєструючого приладу КП – 1Е (поз. 6б). Сигнали з вторинних реєструючих приладів КП – 1Е потрапляють до контролера. з нього сигнал потрапляє до блоків ручного управління БРУ – 10 (поз. 6в – 1 та 6в – 2), далі сигнали надходять до пускачів

ПБР – 2М1 (поз. 6г – 1 та 6г – 2), а з них на виконавчі механізми МЕО – 100/25 – 0,63 (поз. 6д – 1 та 6д – 2);

- система автоматизованого регулювання розподілу дуття по фурмам.

Для вимірювання витрати використовуються перетворювачі тиску Cerabar M (поз. 7а – 1, 7а – 2 та 7а – 3), з них сигнали потрапляють до багатоканального реєструючого приладу Альфалог – 100М (поз. 7б), далі сигнали потрапляють до контролера, а з нього до блоків ручного управління БРУ – 10 (поз. 7в – 1, 7в – 2 та 7в – 3), далі сигнали надходять до пускачів ПБР – 2М1 (поз. 7г – 1, 7г – 2 та 7г – 3), а з них на виконавчі механізми МЕО – 100/25 – 0,63 (поз. 7д – 1, 7д – 2 та 7д – 3);

- система автоматизованого регулювання тиску азоту. Для вимірювання тиску азоту використовується перетворювач тиску Cerabar M (поз. 8а), сигнал з якого потрапляє до вторинного реєструючого приладу КП – 1Е (поз. 8б), далі сигнал потрапляє до контролера, а з нього до блоку ручного управління БРУ – 10 (поз. 8в), далі сигнал надходить до пускача ПБР – 2М1 (поз. 8г), а з нього на виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63 (поз. 8д);

- контроль рівня пиловугільного палива. Для вимірювання рівня пиловугільного палива використовується перетворювач рівня БАРС 322МИ (поз. 9а), сигнал з якого надходить до вторинного реєструючого приладу КП – 1Е (поз. 9б), далі сигнал потрапляє до контролера.

Функціональну схему автоматизації наведено у графічній частині проекту на креслені ЗНУ ІННІ Д2.160321.003.ФСА.

4.2 Принципова електрична схема системи регулювання температурою гарячого дуття

Принципова електрична схема є документом, що дає уявлення про принцип роботи системи, а також визначає склад електричної частини проекту і зв'язки між її елементами.

Принципові електричні схеми призначені для повного відображення взаємозв'язків пристроїв з урахуванням принципів їх дії і послідовності роботи. На принципових електричних схемах електричні елементи зображують за допомогою умовних позначень, а також вказують лінії зв'язків між ними, блоками та модулями.

На принциповій електричній схемі відображені такі технічні засоби:

- блок живлення БП – 906;
- термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТХАУ – 205ЕХ – 16;
- вторинний прилад КП – 1Е;
- контролер WAGO з модулями;
- пускач ПБР – 2М1;
- виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63;
- дистанційний показник положення ДУП – М.

Принципова електрична схема наведена у графічній частині проекту на креслені ЗНУ ІННІ Д2.160321.004.ПЕС.

4.3 Принципова електрична схема живлення системи регулювання температурою гарячого дуття

Принципова електрична схема живлення є проектним матеріалом із зображенням апаратури підключення джерел живлення та споживачів електроенергії, апаратури контролю напруги, назви споживачів, загальні пояснення та перелік апаратури.

Принципова електрична схема живлення повинна забезпечити необхідний захист живлення, відповідну якість електроенергії, економічність, зручність та безпечність в обслуговуванні.

На принциповій схемі живлення зображені:

- шість автоматичних вимикачів SA;
- блок живлення БП – 906;

- вторинний прилад КП – 1Е;
- блок живлення для контролера WAGO;
- дистанційний показник положення ДУП –М;
- пускач ПБР – 2М1.

Також на схемі позначається:

- номінальна напруга кожного приладу;
- потужність кожного приладу;
- місце встановлення кожного приладу.

Принципова електрична схема наведена у графічній частині проекту на креслені ЗНУ ІННІ Д2.160321.005.ПЕСЖ.

4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА

Монтажно – комутаційна схема виконується для подальшої електричної комутації елементів автоматизації в межах щита.

Ця схема була виконана адресним методом, який полягає в наступному: над кожним приладом і апаратом, встановленим на щиті, проставляється порядковий номер приладу (у верхній половині кола) і позначення або позиція цього приладу (в нижній половині кола).

Використовувані клеми приладу позначаються: перший номер – номер приладу, куди йде монтажний провід; другий номер – номер дрота по принциповій електричній схемі.

На монтажно – комутаційній схемі відображені такі прилади:

- дві клемні колодки;
- блок живлення БП – 906;
- вторинний прилад КП – 1Е;
- контролер WAGO з модулями;
- пускач ПБР – 2М1;
- дистанційний показник положення ДУП – М.

Монтажно – комутаційна схемі наведена у графічній частині проекту на креслені ЗНУ ІННІ Д2.160321.007.МКС.

4.5 Зовнішній вид щита та вид на внутрішній панелі

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

Розміри щита:

- висота 2200мм;
- ширина 600мм.

На схемі зовнішнього виду щита зображується:

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

На щиті розміщені такі прилади:

а) основні прилади;

- 1) дистанцій показник положення ДУП – М;
- 2) вторинний прилад КП – 1Е;
- 3) контролер WAGO з модулями;

б) допоміжні прилади.

- 1) куток металевий;
- 2) DIN – рейка;
- 3) клемні колодки.

Зовнішній вигляд щита наведений у графічній частині проекту на креслені ЗНУ ІННІ Д2.160321.006.ЗВЩ.

4.6 Схеми зовнішніх з'єднань системи регулювання температурою гарячого дуття

Схема з'єднань зовнішніх проводок – це комбінована схема, на якій показані електричні і трубні зв'язки між приладами і засобами автоматизації, встановленими на технологічному обладнанні, поза щитами і на щитах, а також підключення проводок до приладів і щитів.

Обов'язковим етапом роботи по виконанню схем зовнішніх з'єднань є перевірка наявності на технологічних схемах усіх закладних та відбірних приладів, та усіх необхідних для встановлення первинних вимірювальних перетворювачів на трубопроводах та приладах, розміщених на схемах.

На схемі зображені наступні технічні засоби та засоби зв'язку між приладами:

- термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТХАУ – 205ЕХ – 16;
- пускач ПБР – 2М1;
- виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63;
- дистанцій показник положення ДУП – М;
- дріт КВРБГ $4 \times 1 \text{ мм}^2$;
- дріт ВВГ $4 \times 1 \text{ мм}^2$;
- труби 14Х2.

Для передачі сигналів використовуються кабель КВРБГ. Для захисту дротів та кабелів застосовуються труби.

Схема зовнішніх з'єднань наведена у графічній частині проекту на креслені ЗНУ ІННІ Д2.160321.008.С33.

4.7 Схема трас та проводок

На кресленні трас та проводок показують:

- контур будівель з зазначенням нумерації їх осей;
- технологічне обладнання та трубопроводи;
- монтажні символи первинних приладів і відбірних пристроїв;
- регулюючих органів;
- виконавчих механізмів;
- електроапаратури, що знаходяться на технологічному обладнанні та трубопроводах;
- умовні позначення щитів і пультів;
- з'єднувальних коробок;
- коробок вільних кінців термопар;
- трас електричних і трубних ліній.

На схемі трас та проводок зображено:

- технологічний об'єкт – доменна піч;
- щит КВПіА;
- труба через яку подається гаряче дуття до печі;
- кабель КВРБГ та труби для їх захисту.

Схема трас та проводок наведена у графічній частині проекту на кресленні ЗНУ ІННІ Д2.160321.009.СРТП.

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Розраховується загальна сумарна інтенсивність відмов.

При цьому методі враховується середньогрупові інтенсивності відмов елементів системи λ_{oi} та досвід експлуатації аналогічних виробів.

Середньогрупові інтенсивності відмов елементів системи наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Середньогрупові інтенсивності відмов елементів системи

Елементи	Кількість	$\lambda_{oi} * 10^{-6}$
Перетворювач термоелектричний ТХАУ – 205ЕХ – 16	1	0.5
Вторинний реєструючий прилад КП – 1Е	1	0.7
Пускач безконтактний реверсивний ПБР – 2М1	1	0.7
Виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63	1	1
Дистанційний показник положення ДУП – М	1	0.5
Контролер WAGO с модулями	1	0.1

$$\lambda'_{\text{заг}} = K * \sum_{i=1}^m \lambda_{oi} * n_i = 2,5 * (1 * 0,5 + 1 * 0,7 + 1 * 0,7 + 1 * 1 + 1 * 0,5 + 1 * 0,1) * 10^{-6} = 2,5 * 3,5 * 10^{-6} = 8,75 * 10^{-6} [1/\text{год}], \quad (5.1)$$

де $k = 2,5$ – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР;

λ_{oi} – середня інтенсивність відмов відповідної групи;

m – кількість груп;

n_i – кількість елементів у групі.

Розрахували наробіток на відмову:

$$T'_0 = \frac{1}{\lambda'_{\text{заг}}} = \frac{1}{8,75 * 10^{-6}} = 11429 [\text{год}] \quad (5.2)$$

Розрахували імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P'(t) = e^{-\lambda'_{\text{зар}} * 0,3 * T'_0}; \quad (5.3)$$

$$P'(t) = e^{-(8,75 * 10^{-6} * 0,3 * 11429)} = 0,74 \quad (5.4)$$

Визначили гарантійний термін роботи САР:

$$T_r = \frac{T'_0}{24 * K_{\text{дн}} * M}, \quad (5.5)$$

де 24 – кількість годин роботи упродовж доби;

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

M – кількість місяців роботи за рік.

$$T_r = \frac{11429}{24 * 30 * 12} = 1,3 \text{ роки} \quad (5.6)$$

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

$$T_{\text{в}} = \sum_{j=1}^q T_{\text{в}j} * m_j \text{ [год]}, \quad (5.7)$$

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

$T_{\text{в}j}$ – середнє значення тривалості відновлення елемента j – ї групи, годин;

m_j – кількість елементів в групі.

Дані для розрахунку тривалості відновлення наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Дані для розрахунку тривалості відновлення

Елементи	Кількість	Середнє значення тривалості відновлення T_{Bj} , год
Перетворювач термоелектричний ТХАУ – 205ЕХ – 16	1	0,5
Вторинний реєструючий прилад КП – 1Е	1	0,8
Пускач безконтактний реверсивний ПБР – 2М1	1	1
Виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63	1	0,5
Дистанційний показник положення ДУП – М	1	0,5

$$T_{\text{в}} = (1 * 0,5 + 1 * 0,8 + 1 * 1 + 1 * 0,5 + 1 * 0,5) = 3,3 \text{ год} \quad (5.8)$$

Коефіцієнт готовності:

$$K_{\text{г}} = \frac{1}{1 + \lambda'_{\text{заг}} * T_{\text{в}}} = \frac{1}{1 + 8,75 * 10^{-6} * 3,3} = 0,99 \quad (5.9)$$

6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для розробленої системи автоматизації були підібрані технічні засоби, які по своїм технічним характеристикам повністю задовольняють вимогам по точності та надійності.

Для подальшого замовлення обладнання була складена замовна специфікацію, яка містить повний перелік необхідного устаткування з короткими технічними характеристиками.

Замовна специфікація на технічні засоби представлена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Замовна специфікація на технічні засоби

Найменування	Кількість	Вартість за шт.,грн	Загальна вартість, грн
1	2	3	4
1. Прилади та засоби автоматизації			
Перетворювач термоелектричний ТХАУ – 205ЕХ – 16	1	1500	1500
Блок живлення БП – 906	1	3000	3000
Вторинний реєструючий прилад КП – 1Е	1	4000	36000
Пускач безконтактний реверсивний ПБР – 2М1	1	1500	15000
Виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63	1	10000	100000
Дистанційний показник положення ДУП – М	1	500	500
Контролер WAGO с модулями	1	31475	31475
2. Агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки			

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4
3. Щити та пульти управління			
Шафа щита ЩШ – 3Д – 2200x600x600	1	10000	10000
4. Електроапаратура			
Клемна колодка 2x10	1	100	100
5. Трубопровідна арматура			
Труба 14x2 12Н13М2Т	1008 м	21,94	22110
6. Кабелі та дроти			
КВРБГ 2x1 мм (двожильний)	788 м	2,7	2125
КВРБГ 4x1 мм (чотирьохжильний)	220 м	4,5	990
7. Вузли та конструкції			
Куток металевий	1 м	100	100
8. Матеріали та монтажні роботи			
DIN – рейка	2,5 м	100	250
Всього	9 шт. 2019,5 м	62075	87650

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації

Цех КВП і А є невід'ємною складовою для нормального протікання виробничого процесу. Служба КВП і А забезпечує нормальне функціонування засобів виміру і автоматизації. Крім того ця служба, у міру можливості, впроваджує й розробляє нове обладнання, прилади, засоби виміру.

Без засобів автоматизації й вимірів неможливо досягти високої продуктивності й техніко – економічних показників. Тому наявність служби автоматизації необхідна й доцільна.

Цех КВП і А є самостійним структурним підрозділом заводу.

Для обслуговування системи необхідні наступні співробітники:

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

Графік роботи робітників:

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

7.2 Розрахунок техніко – економічних показників

Одноразові витрати на створення АСУ визначили за формулою:

$$K^a = K_{\text{п}}^a + K_{\text{к}}^a, \quad (7.1)$$

де $K_{\text{п}}^a$ – довиробничі витрати, грн.;

$K_{\text{к}}^a$ – капітальні витрати, грн.

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховували за формулою:

$$K_{\text{п}}^a = K_{\text{пр}}^a + K_{\text{по}}^a + K_{\text{ио}}^a, \quad (7.2)$$

де $K_{\text{пр}}^a$ – витрати на проектування АСУ, грн.;

$K_{\text{по}}^a$ – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.;

$K_{\text{ио}}^a$ – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ), грн.

Величину капітальних витрат визначили за формулою:

$$K_{\text{к}}^a = K_{\text{КТЗ}}^a + K_{\text{МОНТ}}^a - K_{\text{ВИВ}}^a, \quad (7.3)$$

де $K_{\text{КТЗ}}^a$ – кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн.;

$K_{\text{МОНТ}}^a$ – витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн.;

$K_{\text{ВИВ}}^a$ – кошторисна вартість комплексу технічних засобів, що вивільнилися у результаті впровадження АСУ, грн.

Вартість КТЗ для створення АСУ ТП наведена в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Вартість КТЗ для створення АСУ ТП

Найменування	Кількість	Вартість за шт.,грн	Загальна вартість, грн
1	2	3	4
1. Прилади та засоби автоматизації			
Перетворювач термоелектричний ТХАУ – 205ЕХ – 16	1	1500	1500
Блок живлення БП – 906	1	3000	3000
Вторинний реєструючий прилад КП – 1Е	1	4000	36000
Пускач безконтактний реверсивний ПБР – 2М1	1	1500	15000
Виконавчий механізм МЕО – 100/25 – 0,63	1	10000	100000
Дистанційний показник положення ДУП – М	1	500	500
Контролер WAGO с модулями	1	31475	31475
2. Агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки			
3. Щити та пульти управління			
Шафа щита ЩШ – 3Д – 2200x600x600	1	10000	10000
4. Електроапаратура			
Клемна колодка 2x10	1	100	100
5. Трубопровідна арматура			
Труба 14x2 12Н13М2Т	1008 м	21,94	22110
6. Кабелі та дроти			
КВРБГ 2x1 мм (двожильний)	788 м	2,7	2125
КВРБГ 4x1 мм (чотирьохжильний)	220 м	4,5	990
7. Вузли та конструкції			
Куток металевий	1 м	100	100

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4
8. Матеріали та монтажні роботи			
DIN – рейка	2,5 м	100	250
Всього	9 шт. 2019,5 м	62075	87650

Перелік одноразових витрат для створення АСУ наведений у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Перелік одноразових витрат

Найменування	Сума, грн
1.Довиробничі витрати на розробку АСУ:	214000
витрати на проектування АСУ	180000
витрати на розробку програмного забезпечення	22000
витрати на підготовку інформаційного забезпечення	12000
2.Капітальні витрати:	289000
вартість комплексу технічних засобів	87650
витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу	27000
вартість КТЗ, що вивільнилися у результаті впровадження	8000
Всього одноразових витрат на створення АСУ	320650

Калькуляція собівартості 1 т. чавуна до впровадження АСУ наведена у таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Калькуляція собівартості 1 т. чавуна до впровадження АСУ

Статті затрат	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Руда, т	1,3	900	1170
Пиловугільне паливо, м ³	250	6	1500

Продовження таблиці 7.3

Статті затрат	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Електроенергія, кВт	20	1	20
Фонд оплати праці			25
Відрахування в громадські фонди, усього			5,5
Витрати на ремонти, всього			20
Загальногосподарські витрати			30
Вакуумування			140
Позавиробничі витрати			15
Інші			10
Повна собівартість			2935,5

Розрахунок собівартості продукції після впровадження АС.

Величина собівартості визначається за передбачуваними змінами окремих видів витрат, на які впливає впровадження АС.

Витрати на сировину та матеріали при функціонування АСУ з урахуванням можливого збільшення обсягу виробництва та скорочення витрат на сировину та матеріали (C_M^A) склали:

$$C_M^A = C_M^B * \gamma * \left(\frac{100 - \beta_M}{100} \right); \quad (7.4)$$

$$\gamma = \frac{100 + \gamma_1}{100}, \quad (7.5)$$

де C_M^B – витрати на сировину та матеріал до впровадження АСУ, грн.; $C_M^B = 1170$ грн.;

γ – індекс об'єму виробництва; $\gamma_1 = 3$ %;

γ_1 – процент можливого збільшення об'єму виробництва в результаті впровадження АСУ, %;

β_m – процент можливого скорочення витрат сировини та матеріалів після впровадження АСУ, %; $\beta_m = 2.5$ %.

$$\gamma = \frac{100 + 3}{100} = 1,03; \quad (7.6)$$

$$C_m^a = 1170 * 1,03 * \left(\frac{100 - 2.5}{100} \right) = 1174,9725 \text{ грн} \quad (7.7)$$

Витрати на паливо та енергію на технологічні цілі визначили за формулою:

$$C_T^a = C_T^b * \gamma * \left(\frac{100 - \beta_T}{100} \right), \quad (7.8)$$

де C_T^b – витрати на паливо та енергію до впровадження АСУ, грн.;

β_T – процент можливого скорочення витрат палива та енергії після впровадження АСУ, % ; $\beta_T = 4$ % .

$$C_T^b = 1500 + 20 = 1520 \text{ грн/т}; \quad (7.9)$$

$$C_T^a = 1520 * 1,03 * \left(\frac{100 - 4}{100} \right) = 1502,976 \text{ грн} \quad (7.10)$$

Заробітна плата основних виробничих працівників в умовах функціонування АСУ була визначена з урахуванням підвищення об'єму виробництва та співвідношення між темпами приросту середньої заробітної плати та продуктивності праці.

$$C_{зп}^a = C_{зп}^b * [1 + \alpha * (\gamma - 1)], \quad (7.11)$$

де $C_{зп}^b$ – заробітна плата з відрахуваннями на соціальні потреби виробничих робітників до впровадження АСУ, грн.;

α – коефіцієнт співвідношення темпів приросту середньої заробітної плати та темпів приросту продуктивності праці; $\alpha = 0,28$.

$$C_{зп}^b = 25 + 5,5 = 30,5 \text{ грн} \quad (7.12)$$

$$C_{зп}^a = 30,5 * [1 + 0,28 * (1,03 - 1)] = 30,7562 \text{ грн} \quad (7.13)$$

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання складаються з умовно – змінної частини, яка змінюється прямо пропорційно зростанню обсягу виробництва, та умовно – поставної частини, яка не залежить від зростання обсягу виробництва.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання після впровадження АСУ ($C_{об}^a$) визначили за формулою:

$$C_{об}^a = C_{об.пер}^b * \gamma + C_{об.пост}^b, \quad (7.14)$$

де $C_{об.пер}^b$ та $C_{об.пост}^b$ – відповідно умовно – змінна та умовно – постійна частини витрат на утримання та експлуатацію обладнання до впровадження АСУ, грн

$$C_{об.пер}^b = 25 \text{ грн};$$

$$C_{об.пост}^b = 20 \text{ грн}.$$

$$C_{об}^a = 25 * 1,03 + 20 = 45,75 \text{ грн} \quad (7.15)$$

Цехові витрати після впровадження АСУ визначили за формулою:

$$C_{ц}^a = C_{ц}^b * [1 + (\gamma - 1) * D_{ц}], \quad (7.16)$$

де $C_{ц}^б$ – цехові витрати до впровадження АСУ, грн.; $C_{ц}^б = 140$ грн.

$D_{ц}$ – коефіцієнт залежності приросту цехових витрат від приросту обсягу виробництва (0,4).

$$C_{ц}^а = 140 * [1 + (1,03 - 1) * 0,4] = 141,68 \text{ грн} \quad (7.17)$$

Загальнозаводські витрати після впровадження АСУ визначили за формулою:

$$C_{заг}^а = C_{заг}^б * [1 + (\gamma - 1) * D_{з}], \quad (7.18)$$

де $C_{заг}^б$ – загальнозаводські витрати до впровадження АСУ, грн.; $C_{заг}^б = 30$ грн.

$D_{з}$ – коефіцієнт залежності приросту загальнозаводських витрат приросту обсягу виробництва (0,3).

$$C_{заг}^а = 30 * [1 + (1,03 - 1) * 0,3] = 30,27 \text{ грн} \quad (7.19)$$

Позавиробничі витрати змінюються пропорційно росту обсягу виробництва та були розраховані за формулою:

$$C_{вн}^а = C_{вн}^б * \gamma, \quad (7.20)$$

де $C_{вн}^б$ – позавиробничі витрати до впровадження АСУ, грн; $C_{вн}^б = 15$ грн.

$$C_{вн}^а = 15 * 1,03 = 15,45 \text{ грн} \quad (7.21)$$

Порівняльна характеристика калькуляції собівартості чавуна, до та після впровадження АСУ наведена в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Порівняльна характеристика калькуляції собівартості чавуна, до та після впровадження АСУ

Статті затрат	Сума до, грн	Сума після, грн
Матеріали та сировина	1170	1174,9725
Паливо та енергозатрати	1520	1502,976
Заробітна плата з відрахуваннями на соц. потреби	30,5	30,7562
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	45	45,75
Цехові витрати	140	141,68
Загальногосподарські витрати	30	30,27
Позавиробничі витрати	15	15,45
Інші витрати	10	-
Повна собівартість	2960,5	2941,8547

Розрахунок показників економічної ефективності АСУ.

Основними показниками ефективності впровадження АСУ є:

- річний економічний ефект;
- розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;
- термін окупності витрат;
- річний приріст прибутку.

Річний приріст прибутку визначили за формулою:

$$E_{\text{рік}} = \left(\left(C_{\text{до}}^a + E_{\text{н}} * \frac{K_{\text{до}}^a}{Q_{\text{до}}} \right) - \left(C_{\text{п}}^a + E_{\text{н}} * \frac{K_{\text{п}}^a}{Q_{\text{п}}} \right) \right) * Q_{\text{п}}, \quad (7.22)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормальний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності ($E_{\text{н}} = 0,2$);

$K_{\text{до}}^a$ – капітальна затрата до впровадження АСУ;

$Q_{до}$, $Q_{п}$ – річний об'єм випуску продукції до впровадження АСУ та, відповідно після впровадження;

$C_{до}^a$, $C_{п}^a$ – річний об'єм випуску продукції до впровадження АСУ та, відповідно після впровадження.

$$E_{рік} = \left(\left(2960,5 + 0,2 * \frac{0}{25000} \right) - \left(2947,8547 + 0,2 * \frac{320650}{25750} \right) \right) * 25750 \quad (7.23)$$

$$= 261465,5 \text{ грн}$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень на створення АСУ (E_p) визначили за формулою:

$$E_p = \frac{E_{рік}}{K^a}; \quad (7.24)$$

$$E_p = \frac{261465,5}{320650} = 0,81 \quad (7.25)$$

Якщо $E_p \geq E_n$, то впровадження АСУ ефективне.

Термін окупності витрат (T) визначили за формулою:

$$T = \frac{K^a}{E_{рік}}; \quad (7.26)$$

$$T = \frac{320650}{261465,5} = 1,2 \quad (7.27)$$

Річний обсяг реалізованої продукції розраховали за формулою:

$$C_{рік} = C_{в/т} * Q_{до} (Q_{п}), \quad (7.28)$$

де $C_{в/т}$ – ціна чавуна за 1 тону.

Розрахували річний обсяг реалізованої продукції до впровадження АСУ:

$$C_{\text{рік}_d} = 1300 * 25000 = 32\,500\,000 \text{ грн} \quad (7.29)$$

Розрахували річний обсяг реалізованої продукції після впровадження АСУ:

$$C_{\text{рік}_d} = 1300 * 25750 = 33\,475\,000 \text{ грн} \quad (7.30)$$

Результати розрахунку економічної ефективності представлені у таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Результати розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Одиниці виміру	Значення показника	
		До впровадження АСУ	Після впровадження АСУ
1.Річний обсяг реалізованої продукції	грн.	32 500 000	33 475 000
2.Собівартість випуску 1 тони продукції	грн./т	2960,5	2941,8547
3. Одноразові витрати на створення АСУ	грн.	320650	
4.Річний економічний ефект	грн.	261465,5	
5.Розрахунковий коефіцієнт		0,81	
6.Строк окупності капітальних вкладень	міс.	15	

Після проведених розрахунків, можна зробити висновок, що річний обсяг реалізованої продукції збільшено на 975 000 грн.

8 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

До небезпечних і шкідливих факторів доменного цеху відносять: теплові виділення і випромінювання при випуску чавуну і шлаку, шум, вібрацію, електричний струм.

Рівень шуму в доменному виробництві становить 83 дБ при дозволеному рівні звуку 80 дБ.

Дія вібрації викликано роботою технологічного устаткування (машин для розкриття чавунної льотки, пневмо і вібротрамбовки, відбійного молотка і т.д.), передається через струс підлоги і майданчики ливарного двору на весь організм людини (загальна). При безперервному впливі на людину вібрації протягом робочого дня допустимі значення параметра вібрації в доменному цеху 90 дБ при середньгеометричній частоті активних смуг 85 Гц, а при 95 дБ – 15 Гц (при допустимій швидкості коливань 2 мм/с).

Можливе ураження електричним струмом від електроустановок змінного струму 50 Гц.

Тепловиділення від доменної печі і ковшів з чавуном і шлаком становить 850 мкалл/ч. Теплове опромінення 1500 – 3500 ккалл/(м³·ч) при випуску чавуну і шлаку.

У повітрі робочої зони ливарного двору доменної печі міститься ряд шкідливих речовин, наведений в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Вміст шкідливих речовин в робочій зоні ливарного двору доменної печі

Речовина	ГДК, мг/м ³	факт. ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
1	2	3	4
Ангідрид хром	0,01	0,016	I
Бензопірен	0,00015	0,00082	I
Оксиди марганцю	0,05	0,054	I
Сірководень	10	13	II

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4
Фенол	0,3	1,3	II
Оксиди сірки	10	25	III
Оксиди азоту	5	27,9	III
Азот діоксид	2	7,8	III
Нафталін	20	60,2	IV
Окис вуглецю	20	54	IV
Кремній діоксид кристалічний з вмістом пилу від 2 до 10%	4	240,3	III

За ступенем впливу на організм людини шкідливості відносяться від першого до четвертого класу.

У таблиці 8.2 представлені технічні заходи захисту в доменному цеху.

Таблиця 8.2 – Технічні заходи захисту від виявлених потенційних небезпечних і шкідливих факторів.

Небезпечний або шкідливий чинник виробничої сфери	Захисний пристрій	Тип пристрою	Місце установки на плані печі
1	2	3	4
Тепловиділення при випуску чавуну і шлаку, головних жолобів і ванн	Накриття кришками: головні жолоби, транспортні жолоби, ванни чавуну і шлаку	Аспіраційна система	На карті печі

Продовження таблиці 8.2

1	2	3	4
Дим	Нагнітальна вентиляція, аспірація	Витяжна аспіраційна система	Район чавунної і шлакової льотки; На карті печі
Пил	Система пилоподавлення	Пилоподавлен – ня азотом аспіраційна система	На засипному апараті доменної печі; На карті печі
Шум	Шумопоглинаючі екрани	Металевий лист	Будівля печі і ливарного двору

У проекті передбачені конструктивні заходи щодо зниження рівня шуму від повітряно – розвантажувального клапана і скидних клапанів завантажувального пристрою доменної печі.

Відведення повітря(дуття) від повітряно – розвантажувального клапана передбачено через спеціальний глушник.

Розраховані величини зниження рівня шуму від повітряно-розвантажувального клапана наведені в таблиці 8.3.

Для забезпечення санітарних і технологічних вимог у вентиляції передбачено:

- загально обмінна механічна припливна і природна витяжна вентиляція за рахунок підпору повітря для електроприміщень ливарного двору і газоочистки, і приміщення барабана – сепаратора;

- загально обмінна механічна припливно – витяжна вентиляція приміщення пневмогідроапаратури.

Таблиця 8.3 – Розрахункові величини рівня шуму

Активні смуги частот, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Еквівалент дБА
Величина зниження шуму, дБ	10,8	16,7	16,7	16,7	16,4	15,5	15,8	
Рівень шуму після зменшення шумів, дБ	66	63	67	64	68	71	74	75
Норма	87	82	78	75	73	71	70	80

Захист працюючих від перегріву здійснюється системою душированія робочих місць на ливарному дворі повітрям від центральної припливної станції адіабатичним зволоженням.

Від центральної припливної станції подається повітря і в будівлі і споруди центрального вузла доменної печі.

У таблиці 8.4 представлені дані прийнятих допустимих оптимальних параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень.

Таблиця 8.4 – Значення прийнятих допустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні приміщень

Характеристика виробничих приміщень по надлишковим тепловиділенням (± 84 кДж/м ³ ·ч)	Категорія роботи по тяжкості	Період року	На постійних робочих місцях			Температура повітря в непостійних робочих місцях, °С
			Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Більше 84	Середньої Тяжкості Пб	Холодний	20	55	0,3	14
	Тяжка ІІІ		18	55	0,3	14
	Середньої Тяжкості Пб	Теплий	22	50	0,4	25
	Тяжка ІІІ		20	50	0,5	25

Величини освітлення і коефіцієнти запасу приміщень і майданчиків виробництва обрані відповідно до галузевих норм штучного освітлення для заводів чорної металургії та нормами освітленості.

Природне освітлення приміщень ливарного двору і майданчиків печі використовується в денний час доби через бічні отвори і зверху. Вночі та в перехідний час доби прийнята система загального рівномірного штучного освітлення з частковою локалізацією світильників по майданчиках в зонах обслуговування основних технологічних вузлів.

Для цілей проведення ремонтів та огляду обладнання передбачені штепсельні розетки для підключення переносних світильників.

Джерело світла:

- лампи ДНаТ – для освітлення ливарного двору і технологічних площадок обладнання колошника;
- лампи ДРЛ – майданчиків похилого моста і піддоменників;

- лампи люмінесцентні типу ЛВ – приміщення апаратури управління, електрощитові і приміщення обслуговуючого персоналу.

Напруга мережі загального освітлення 380/220 В, переносного 36/12 В.

З метою забезпечення безпеки персоналу та безперервності техпроцесу передбачається аварійне освітлення для евакуації та продовження робіт там, де це вимагають норми.

Прийняті значення освітленості наведені в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Прийняті значення освітленості

Найменування відділення, дільниці, робочого місця і допоміжних приміщень	Розряд зорової роботи	Освітленість, (ЛК) і коефіцієнт запасу						Аварійне освітлення, ЛК	
		При люмінесцентних лампах			При лампах розжарювання			Для тривалих робіт	Для евакуації
		Система комбінованого освітлення	Система загального освітлення	Коефіцієнт запасу	Система комбінованого освітлення	Система загального освітлення	Коефіцієнт запасу		
Ливарний двір	VI	-	200	1,5	-	200	1,7	10	0,5

У доменному цеху застосовуються доменний і природний газ, які в суміші з повітрям у певному співвідношенні вибухонебезпечні. Розрізняють такі категорії вибухо– і пожежонебезпеки: А, Б, В, Г, Д, Е.

В доменному цеху категорія вибухо– і пожежонебезпеки Б.

Межі вибуховості газів представлені в таблиці 8.6

Таблиця 8.6 – Межі вибуховості газів

Гази	Нижня межа	Верхня межа	Діапазон вибуховості
Доменний	40	73	33
Природний	5	15	10

Вибухова суміш дає вибух (запалюється) при наявності джерела запалення, яким може бути: відкритий вогонь, іскра або розпечений предмет, або ж при нагріванні суміші до температури самозаймання, для доменного газу 650 °С, а для природного – 650 – 710 °С.

До засобів гасіння пожеж в цеху відносяться: вода, пісок, вогнегасники вуглекислотні та хімічно – пінні, пар.

Вода в розпиленому стані може застосовуватися для гасіння палаючих нафтопродуктів з температурою спалаху понад 120 °С. Витрата води в доменному цеху залежить від вогнестійкості будівлі (1 ступінь) і дорівнює 40 л/с на одну пожежу. Тривалість гасіння пожежі становить 3 год.

До складу хімічної піни входить 80 % вуглекислого газу, 19,7 % води і 0,3 % піноутворюючої речовини.

Вогнегасник хімічний пінний ручної ОХП – 10/24 використовується в цеху для гасіння починаючої пожежі твердих горючих матеріалів, легкозаймистих рідин. Забезпечує гасіння на площі близько 1 м².

Вогнегасник ОУ – 5 знижує вміст кисню в повітрі зони горіння до межі, при якому горіння припиняється.

При займанні приміщення насосної станції та гідравлічного приміщення застосовується система пожежогасіння паром. Пар знижує вміст кисню в повітрі (вогнища горіння).

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблений проект автоматизації нижньої зони доменної печі в умовах ПАТ "Запоріжсталь". Детально була розглянута система автоматичного регулювання температури гарячого дуття.

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

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

Для спроектованої системи було розроблено документацію в яку увійшли: схема інформаційних та матеріальних потоків, структурна схема, функціональна схема, принципова електрична схема управління та живлення, розроблений передній та задній вид щита КВПіА, монтажна та комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань, схема трас і проводок, розроблена специфікація, також наведені головні розрахунки собівартості та прикладний код програми для контролера WAGO. Для розробленої системи виконана оцінка надійності.

В економічно – організаційній частині виконаний розрахунок собівартості продукції та обчислено економічний ефект від введення системи.

У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів у доменному цеху, розроблені заходи щодо їх запобігання.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Устрій типової доменної печі. URL: <https://lektsii.org/4-26742.html> (дата звернення: 13.06.2020).
2. Доменний процес. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Доменний_процес (дата звернення: 13.06.2020).
3. Трофименко В. В., Клименко О. П., Овчаренко В. І. Методичні вказівки з дисципліни “Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство” до виконання лабораторного практикуму з розділу “Металургія чорних металів” для студентів механічних спеціальностей усіх форм навчання. Дніпропетровськ, 2012. 36 с.
4. Фізико – хімічні процеси плавлення чавуна в доменній печі. URL: <https://www.kazedu.kz/referat/138413/4> (дата звернення: 13.06.2020).
5. Лекція 3. Вплив металургійного виробництва на довкілля. URL: https://kegt-rshu.in.ua/images/dustan/1_o_p_3.pdf (дата звернення: 13.06.2020).
6. ДОМЕННИЙ ЦЕХ. URL: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-181-2/21.htm>. (дата звернення: 13.06.2020).
7. Доменний цех. URL: <https://ukrbukva.net/5404-Domennyiy-ceh.html> (дата звернення: 13.06.2020).
8. Повітрянагрівачі доменної печі. URL: <https://ukrbukva.net/101560-Vozduhonagrevateli-domennoiy-pechi.html> (дата звернення: 13.06.2020).
9. Доменний процес. URL: <https://moyaosvita.com.ua/himiya/domennij-proces/> (дата звернення: 13.06.2020).
10. Виробництво чавуну і сталі - UA.TextReferat.com. URL: <http://ua.textreferat.com/referat-1795.html> (дата звернення: 13.06.2020).
11. Доменний процес. URL: <http://um.co.ua/6/6-6/6-63686.html> (дата звернення: 13.06.2020).
12. Тема 9 Загальні способи добування металів. URL: <http://samzan.ru/120645> (дата звернення: 13.06.2020).

13. Основи виробництва чавуну й сталі. URL: https://studopedia.su/13_115347_osnovi-virobnitstva-chavunu-y-stali.html (дата звернення: 13.06.2020).

14. Метрологія, інформаційно – вимірювальна техніка та цифрова обробка сигналів. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/05/5.pdf> (дата звернення: 13.06.2020).

15. Опис конструкції автоматизації випалювальної печі. URL: <https://referat.co/ref/383048/read?p=11> (дата звернення: 13.06.2020).

16. Манько О. О. Методичні вказівки та завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни “Основи проектування систем автоматизації” за напрямом підготовки 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно – інтегровані технології ” для студентів заочної форми навчання. Рівне, 2012. 40 с.

17. Вимоги до системи. URL: <https://mydocx.ru/2-120435.html> (дата звернення: 13.06.2020).

18. Манько О. О., Кутя В. М. Методичні вказівки до виконання розрахунково – графічної роботи з дисципліни “Основи проектування систем автоматизації” для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно – інтегровані технології ”. Рівне, 2010. 31 с.

19. Вимоги до ергономіки та технічної естетики. URL: <http://wikipage.com.ua/1x400f.html> (дата звернення: 13.06.2020).

20. Захист від несанкціонованого доступу. URL: <https://infopedia.su/3x73fa.html> (дата звернення: 13.06.2020).

21. Технічне та програмне забезпечення системи автоматизації колони отбензінівання нафти. URL: <https://ukrbukva.net/page,11,111104-Tehnicheskoe-i-programmnoe-obespechenie-sistemy-avtomatizacii-kolonny-otbenzinivaniya-nefti.html> (дата звернення: 13.06.2020).

22. Створення автоматизованої інформаційної системи. URL: <https://ukrbukva.net/page,6,73565-Sozдание-avtomatizirovannoiy-informacionnoiy-sistemy.html> (дата звернення: 13.06.2020).

23. Розробка інформаційної системи &Облік і контроль замовлень фірми & Вікна Маріо &. URL: <https://ukrbukva.net/page,4,92492-Razrabotka-informacionnoiy-sistemy-Uchet-i-kontrol-zakazov-firmy-Okna-Mario.html> (дата звернення: 13.06.2020).

24. Конкурсні торги (стр. 13) | Контент-платформа Pandia.ru. URL: <https://pandia.ru/text/79/500/41251-13.php> (дата звернення: 13.06.2020).

25. Вимоги до захисту від впливу зовнішніх впливів. URL: http://ni.biz.ua/6/6_14/6_14732_trebovaniya-k-zashchite-ot-vliyaniya-vneshnih-vozdeystviy.html (дата звернення: 13.06.2020).

26. Вимоги до видів забезпечення. URL: <https://mydocx.ru/2-120437.html> (дата звернення: 13.06.2020).

27. КП-1Е, КП-140Е – реєстратори технологічні. URL: https://www.elemer.ru/production/rmt/tehnolog/kp_140e.php (дата звернення: 13.06.2020).

28. Блок живлення БП – 906. URL: https://www.elemer.ru/production/bp/bp_906.php (дата звернення: 13.06.2020).

29. Проектне компонування контролера WAGO. URL: https://vuzlit.ru/740869/proektne_komponuvannya_kontrolera_wago (дата звернення: 13.06.2020).

30. Пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М. URL: <https://ukrbukva.net/page,4,10165-Sintez-sistemy-avtomaticheskogo-upravleniya-processom-elektricheskoiy-ochistki-gaza.html> (дата звернення: 13.06.2020).

31. Промислові мікропроцесорні мережі. URL: <http://um.co.ua/8/8-11/8-110801.html> (дата звернення: 13.06.2020).

32. Сідлецький В. М., Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації : методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів напрямку 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно – інтегровані технології ” денної та заочної форм навчання. Київ, 2013. 46 с.