

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ

Кафедра автоматизованого управління технологічними процесами
(назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

периний (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему Проект автоматизації сталеплавильного агрегату в умовах ПАТ "Запоріжсталь". Система автоматизованого регулювання витрати кисню в період продувки

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1519с
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)

(ініціали та прізвище)

Керівник зав. кафе. З.Т.Н. проф. Паламарчук
(посада, місце зв'язу, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент заст. директора Край А.Т.
(посада, місце зв'язу, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
СВ "Альберт-Запоріжжя"

Запоріжжя 20
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра автоматизованого управління технологічними процесами
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код за назвою)
Спеціалізація _____
(код за назвою)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«23» 06 2022 року

Гвоздик А.Н.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Афоніна Тетра Михайлівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проект автоматизації
сталеплавильного агрегату в умовах ПАТ "Закарпаття"
Система автоматичного регулювання витрати калену в процесі плавки
керівник роботи _____

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

затверджені наказом ЗНУ від «17» 01 2022 року № 90-с

2 Строк подання студентом роботи 15.06.2022

3 Вихідні дані до роботи технічна документація з металургії
технологічні інструкції, графічно-документальні

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) особливості функц. тех. агрегатів, розробка тех. завдання,
проектів системи автоматизації, розробка тех. докум., розрах. нарізної, тех. скел. кресл.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

схема матеріальних та інформаційних потоків,
функціональна схема автоматизації, структурна
схема автоматизації, креслення всіх графічних
схем, ментально-комп'ютерна схема,

наступною виконавчою схемою являється,
зобов'язаний виконувати роботу, схема зобов'язання виконана,
залежно від специфікації на засоби автоматизації.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання вступ	зроблено пройшло
1	Казюк М.Ю. зав. каф.		
2	Казюк М.Ю. зав. каф.		
3	Казюк М.Ю. зав. каф.		
4	Казюк М.Ю. зав. каф.		
5	Казюк М.Ю. зав. каф.		
6	Казюк М.Ю. зав. каф.		
7	Казюк М.Ю. зав. каф.		

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Вивчення особливостей технологічного процесу	01.05.22	виконано
2	Розробка технічного завдання	01.05.22	виконано
3	Розробка функціональної схеми апаратури	15.05.22	виконано
4	Розробка технічної документації	20.05.22	виконано
5	Розробка конструктивної схеми апаратури	05.06.22	виконано
6	Розробка техніко-економічних показників	12.06.22	виконано
7	Розробка розряду охорони праці	12.06.22	виконано
8	Розробка доповіді	22.06.22	виконано

Студент (підпис) Казюк М.Ю. (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) (підпис) Казюк М.Ю. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер (підпис) Обгінникова Т.А. (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка включає в себе ___ аркуш, 20 таблиць та 32 рисунки, 42 найменувань переліку посилань.

Метою роботи є розробка системи автоматизації мартенівської печі в умовах металургійного виробництва.

У загальній частині дана характеристика мартенівської печі, а також описаний технологічний процес виплавки сталі.

У спеціальній частині розроблена функціональна схема автоматизації печі, вибрані технічні засоби автоматизації, приведені основні розрахунки. Виконано моделювання САР температури у робочому просторі печі. Розроблені принципова електрична та схема живлення, монтажно-комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань і спроектовано щит КВП і А. Виконана проектна оцінка надійності САР.

В організаційній частині проведений розрахунок необхідної кількості робочого і обслуговуючого персоналу. Виконано розрахунок собівартості сталі і економічного ефекту та економічної ефективності від впровадження системи автоматизації, а також визначено строк окупності та рентабельності виробництва.

В розділі техніка безпеки та охорона праці надана загальна характеристика умов виробництва та санітарно-гігієнічних умов праці, визначені небезпечні та шкідливі фактори, які впливають на робочий та обслуговуючий персонал.

мартенівська піч, функціональна схема, компоновка контролера, quantum, регулювальний орган, надійність, організаційне забезпечення, охорона праці

Зміст

ВСТУП.....	6
1. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	8
1.1. Технологічний агрегат і алгоритм його роботи.....	8
1.2. Опис технологічного процесу.....	9
1.3. Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві	13
1.4. Розробка схеми інформаційних та матеріальних потоків	15
1.5. Стан рівня автоматизації на підприємствах України.....	17
1.6. Недоліки існуючої системи управління.....	18
2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	19
2.1. Вимоги до системи в цілому.....	19
2.1.1. Вимоги до надійності системи в цілому.....	19
2.1.2. Вимоги до функцій (завданням).....	20
3. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	22
3.1. Вибір та обґрунтування функціональної структури СА.....	22
3.2. Вивчення принципів управління по кожному технологічному параметру.....	23
3.3. Вибір (розробка) математичної моделі системи управління.....	23
3.4. Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА.....	29
3.4.1. Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади.....	29
3.4.2. Промислові контролери	33
3.4.3. Виконавчі механізми та регулюючі органи.....	44
4. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	55
4.1. Функціональна схема автоматизації системи управління заданим технологічним процесом (агрегатом).....	55
4.2. Принципова електрична схема у відповідності зі спецпитанням	58
4.3. Монтажна комутаційна схема щита КВП і А.....	59

4.4. Принципова електрична схема живлення у відповідності зі специфікаціями.....	60
4.5. Зовнішній вигляд щита та вид на внутрішні панелі.....	60
4.6. Схема зовнішніх з'єднань у відповідності зі специфікаціями.....	61
4.7	61
5. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	63
5.1. Перелік дестабілізуючих факторів, які впливають на працездатність і надійність САР мартенівської печі.....	63
5.2. Розрахунки основних параметрів надійності та працездатності.	63
5.2.1. Розрахунок параметрів наближеним методом.	63
5.2.2. Розрахунок параметрів надійності з урахуванням режимів роботи елементів та впливом дестабілізуючих факторів (повний або уточнений розрахунок).....	67
6. ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	72
7.ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....	73
7.1. Організаційне забезпечення системи автоматизації.....	73
7.2. Розрахунок техніко-економічних показників.....	77
7.2.1. Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ.....	78
7.2.2. Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ.....	79
7.3. Розрахунок собівартості продукції після впровадження АСУ.....	80
7.4. Розрахунок показників економічної ефективності АСУ.....	83
8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	86
8.1. Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	86
8.2. Заходи з поліпшення умов праці.....	89
8.3. Виробнича санітарія.....	91
8.4. Електробезпека.....	96
8.5. Пожежна безпека.....	96

8.6. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).....	100
ВИСНОВОК.....	101
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	103
Додаток А.....	107
Додаток Б.....	108
Додаток В.....	109

ВСТУП

Сталь отримують шляхом окисної плавки завантажених у піч залізовмісних матеріалів – чавуну, сталевих ломів, залізної руди й флюсів - у результаті складних фізико-хімічних процесів взаємодії між металом, шлаками й газовим середовищем печі. Мартенівський процес поряд з іншими видами виробництва сталі (киснево-конвертерний процес, електросталеплавильне виробництво) - друга ланка загалом у виробничому циклі чорної металургії; дві інші основні ланки – виплавка чавуну в доменних печах і прокатка сталевих злитків або заготовок.

Завдяки перевагам, якими мартенівський процес відрізнявся від інших способів масового одержання сталі (більша гнучкість і можливість застосовувати його при будь-яких масштабах виробництва; менш строгі вимоги до вихідних матеріалів; відносна простота контролю й керування ходом плавки; висока якість та широкий асортимент виплавленої сталі; порівняно невелика вартість переділу), в кінці 19 століття й 1-ій половині 20 століття він був основним сталеплавильним процесом (в 1940-55 р.р. цим способом виготовлялося близько 80 % виробленої у світі сталі). Однак у зв'язку з бурхливим розвитком в 60-х роках 20 століття киснево-конвертерного виробництва будівництво мартенівських цехів практично припинилося; відносна частка мартенівської сталі безупинно зменшується. В 1970 в мартенівських печах виплавлено в світі ~240 млн. т сталі (~40 %), у СРСР – 84 млн. т (~72 %). Мартенівські печі – основний споживач сталевих ломів (близько 50 %).

У теперішній час провідна роль у підвищенні ефективності сталеплавильного виробництва й поліпшенні якості металу надається технічному переозброєнню, і зміні структури сталі, що виплавляється, за рахунок переважного розвитку киснево-конвертерного й електросталеплавильного виробництва в комплексі з пристроями позапічної обробки й безперервного розливання сталі.

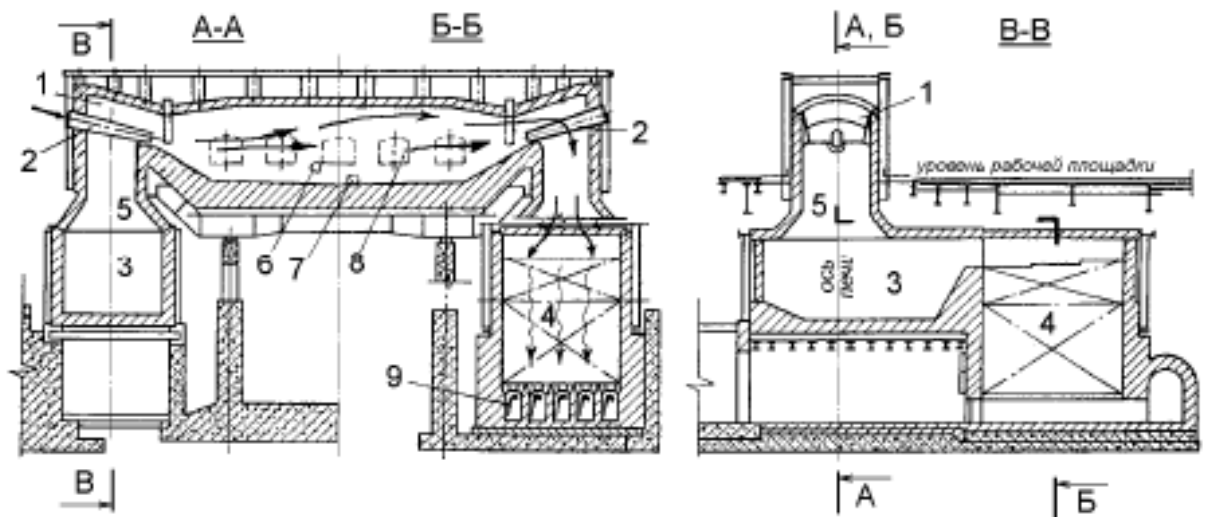
Удосконалення метрологічного забезпечення існуючого мартенівського виробництва дозволить підвищити його ефективність. Аналіз техніко-економічних показників роботи великих мартенівських цехів і якості виплавленого металу показав, що по ряду найважливіших показників мають місце великі відмінності при подібних умовах роботи порівнюваних агрегатів і підприємств, навіть в умовах одного виробництва. Очевидно, що відхили від оптимального технологічного режиму роботи печей, що обумовлюють зміни тривалості плавок, питомих витрат палив і кисню, у першу чергу, пов'язані з недостатністю інформації про стан печі й ванни в ході плавки. Крім зазначених негативних наслідків, знижується стійкість печі й зростають витрати на ремонти. Для прискорення плавок прибігають до підвищеної витрати кисню у факел і ванну, що сприяє прискореному зношуванню вогнетривкої кладки робочого простору й заносу осередків регенераторів. При цьому погіршується екологія й умови праці в цеху через викиди димових газів через робочі вікна. Удосконалювання метрологічного забезпечення мартенівського виробництва має також організаційний і соціальний ефект за рахунок полегшення й поліпшення керування технологічним процесом підвищення надійності роботи агрегатів, передачі ряду стомлюючих функцій контролю приладами, об'єктивності прийнятих рішень з керування, підвищення техніки безпеки.

Автоматизація мартенівського процесу забезпечує зниження витрат сировини, матеріалів, збільшення виходу придатного кінцевого продукту, поліпшення якості продукції, а також підвищує культуру виробництва в цілому.

1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи

У конструкції мартенівської печі (рис. 1.1) виділяють дві основні частини: верхня будова, що складається з робочого простору і голівок, і нижня будова.



1 - головка печі; 2 - пальник; 3 - шлаковик; 4 - регенератор; 5 - вертикальний канал; 6 - шлакова льотка; 7 - випуск сталі; 8 - завалочні вікна; 9 - димові канали

Рисунок 1.1 - Конструкція мартенівської печі:

Робочий простір печі обмежений знизу черенем, з боків – поперечними і подовжніми укосами, передньою і задньою стінкою, а зверху перекрито склепінням. Нижня частина робочого простору від череня до рівня порогів робочих вікон являється ванною, в якій знаходяться рідкий метал і шлак. Визначальні розміри ванни: довжина L і ширина E на рівні порогу робочих вікон. Перемноження цих розмірів $L \times E = S$ м² є площею череня S . Площа череня і глибина ванни h визначають місткість печі. Глибина ванни

вимірюється від порогу робочих вікон в найбільш глибокій частині ванни посередині її вертикального поперечного розрізу. Голівки служать для підведення кисню, газу і повітря і відведення димових газів; вертикальні канали сполучають голівки з шлаковиками.

Нижня будова печі складається з шлаковиків, регенераторів, системи боровів з перекидними і регулюючими газіві потоки пристроями.

Сучасні мартенівські печі працюють так званим рудним для скрапу процесом, при якому плавка ділиться на наступні основні періоди [2]:

- заправка печі (огляд і усунення дефектів печі);
- завалення і прогрівання твердої шихти;
- заливка рідкого чавуну;
- плавлення;
- доведення рідкого розплаву
 - а) поліровка (рудне кипіння);
 - б) чисте кипіння (спалювання шкідливих домішок);
- випуск.

1.2 Опис технологічного процесу

Мартенівський процес, що існує вже більше ста років, є періодичним процесом і полягає, головним чином, у видаленні домішок чавуну (вуглецю, сірки, фосфору) для того, щоб одержати сталь заданого складу.

Великі мартенівські печі працюють скрап-рудним процесом, при якому шихта звичайно складається з 50-65 % рідкого чавуну й 35-50 % сталевого лома (скрапу), а головним окиснювачем служать оксиди залізної руди. Однак застосування газоподібного кисню для продувки ванни привело до різкого зниження витрати руди, і процес у значній мірі втратив відповідність своїй назві.

Мартенівські печі мають серйозну перевагу, пов'язану з можливістю переробляти велику кількість скрапу різної якості, обсяги, якого безупинно збільшується у зв'язку з ростом загальної металоємності господарства.

Мартенівська піч відноситься до печей з так званим відкритим подом і має регенератори для підігріву повітря. Відповідно до класифікації загальної теорії печей, мартенівські печі відносяться до печей-теплообмінників з радіаційним режимом теплообміну. У печі є зона генерації тепла - факел, у якому здійснюється спалювання палива, і зона технологічного процесу - ванна, заповнена твердою шихтою, рідким металом і шлаками. Продуктивність мартенівської печі визначається в значній мірі інтенсивністю використання тепла від окиснення кремнію, марганцю, вуглецю.

Паливом для мартенівських печей служить природний газ із додаванням до 30 % по кількості тепла мазуту. Можливе опалення мартенівських печей і одним мазутом.

Плавка ділиться на наступні періоди: I - заправлення печі; II - засипання сипучих матеріалів (руда або агломерат, вапняк) і лому; III - прогрів завалених матеріалів; IV - заливання рідкого чавуну; V - плавлення; VI - доведення металу до заданого складу й температури; VII - розкислення й випуск сталі. Кожний період має свої технологічні й теплотехнічні завдання й, отже, свої завдання керування.

Особливості мартенівського процесу й печі як об'єкта автоматичного керування можна сформулювати в такий спосіб:

- піч і процес являють собою складну систему, яка характеризується багатьма вхідними й вихідними величинами зі складними перехресними взаємодіями;

- процес періодичний і циклічно повторюється від завалки до випуску;

- живлення печі теплом і температура різних частин печі змінюються по ходу плавки, від плавки до плавки й по ходу кампанії;

- технологічний процес дуже складний, проходить з поглинанням і виділенням тепла й виділенням з ванни горючого газу;

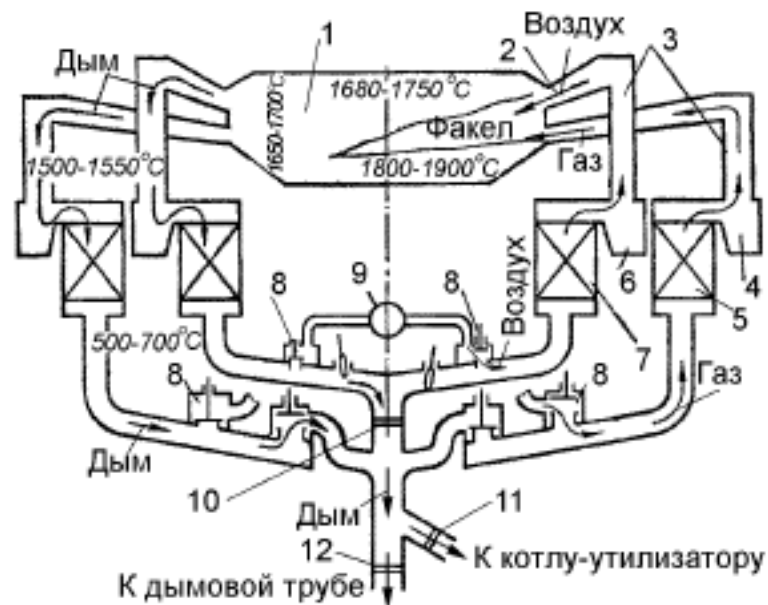
- режим роботи печі підвергається різким збурюванням, пов'язаним з періодичним реверсуванням факела;
- відсутній загальний математичний опис теплових і технологічних процесів;
- відсутні багато датчиків, необхідні для автоматизації (датчики складу металу, шлаків та ін.);
- багато елементів печі й процесу мають значну інерційність і мають погані динамічні властивості.

Температура сталі при випуску досить висока ($t_{ст} = 1550 - 1650 \text{ } ^\circ\text{C}$) і для забезпечення досить інтенсивної передачі тепла від полум'я до шихти в печі необхідно розвинути дуже високу температуру факела ($t_{ф} = 1850 - 1900 \text{ } ^\circ\text{C}$). Для прискорення реакцій окислення вуглецю й інших домішок, рідку ванну продувають киснем, чим скорочується тривалість плавки. Головне склепіння печі є непрямим випромінювачем тепла; нагріваючись від газів, воно, подібно рефлектору, посиляє теплові промені на ванну печі. При цьому температура склепіння досягає $1650 - 1680 \text{ } ^\circ\text{C}$, тобто стає близькою до температури плавлення вогнетривкої кладки.

Процес отримання сталі з вихідних матеріалів (шихта, скрап, рідкий чавун) протікає у ванні.

Піч працює так, щоб один з газокисневих пальників і один з регенераторів служили для спалювання палива, а інший регенератор - для відводу продуктів згоряння, а газокисневий пальник нагрівається. Розглянемо період, коли газ, кисень і повітря надходять із правої сторони печі, а піч завантажена й прогріта. Повітря для горіння подається від потужних вентиляторів (додаткового й основного) на перекидний клапан, а потім у регенератор. Проходячи через задалегідь нагрітий правий регенератор повітря (нагрівається до $1000 - 1200 \text{ } ^\circ\text{C}$), а газ і кисень через газокисневий пальник попадають у робочий простір, де при з'єднанні гарячого повітря, холодного кисню й газу відбувається загорання (утворюється факел з температурою $1650 - 1725 \text{ } ^\circ\text{C}$). Пройшовши простір для

газів, які відходять, розташоване з протилежної сторони печі, продукти згоряння попадають у лівий регенератор, де віддавши тепло регенератору й остудившись до 600-700 °С гази, що відходять, проходять перекидний клапан і по системі борів відправляються в котел - утилізатор, а далі в систему газоочищень. При цьому насадки лівого регенератора нагріваються. При такій роботі регенератор правої сторони поступово охолоджується, а насадка регенератора лівої сторони нагрівається. У момент, коли температура насадок регенератора досягає 600 °С, здійснюється зміна напрямку руху газів у печі (перекидання). На рис. 1.2 зображено схему роботи мартенівської печі



1 – робочий простір печі; 2 – головка; 3 – вертикальні канали; 4,6 – шлаковики; 5,7 – газовий та повітряний регенератори відповідно; 8 – перекидні клапани; 9 – вентилятор; 10 – шибер; 11 – засувки на борові до котла-утилізатора; 12 – засувки на борові димової труби

Рисунок 1.2 - Схема роботи мартенівської печі:

Для зміни напрямку руху газів передбачені перекидні клапани, а сама операція називається перекиданням клапанів. Холодне повітря прямує через нагрітий лівий регенератор, а продукти згоряння вирушають в праву сторону

печі, поступово нагріваючи, захололий правий - регенератор, потім цикл повторюють.

За допомогою рухливих фурм відбувається доведення сталі до заданого складу коли всі компоненти розплавляться. Процес доведення сталі до заданого складу називається вигоранням вуглецю в сталі. Цей процес виробляють, коли розплавляться всі компоненти у ванні і лише тоді в розплавлену сталь опускають фурми і подають через них технічний кисень. При подачі кисню випалюються домішки і добавки, тому виробляють експрес хімічний аналіз вмісту вуглецю і вимірюють температуру рідкої сталі із занесенням цих параметрів в математичну модель. За допомогою математичної моделі здійснюють прогнозування і управління плавкою сталі, на мнемосхемі А.1.

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві

Складність мартенівського процесу обумовлена і складністю окремих фізико - хімічних явищ горіння палива, теплопереносу від факела до металу, теплогенерації у ванні, хімічних реакцій в металі і шлаку і тим, що ці явища протікають одночасно і в одному робочому просторі, накладаючись і впливаючи, один на одного (рис. 1.3).

Для автоматичного управління технологічними реакціями необхідно контролювати цілий ряд теплотехнічних параметрів:

а) температуру - склепіння робочого простору;

- зверху насадок;
- метала;
- в боріві;

б) витрата - природного газу;

- кисню загального,
- кисню на середню фурму;
- вентиляційного загального повітря;

- вентиляційного додаткового повітря;
- в) тиск в робочому просторі і в борві;
- г) положення фурм.

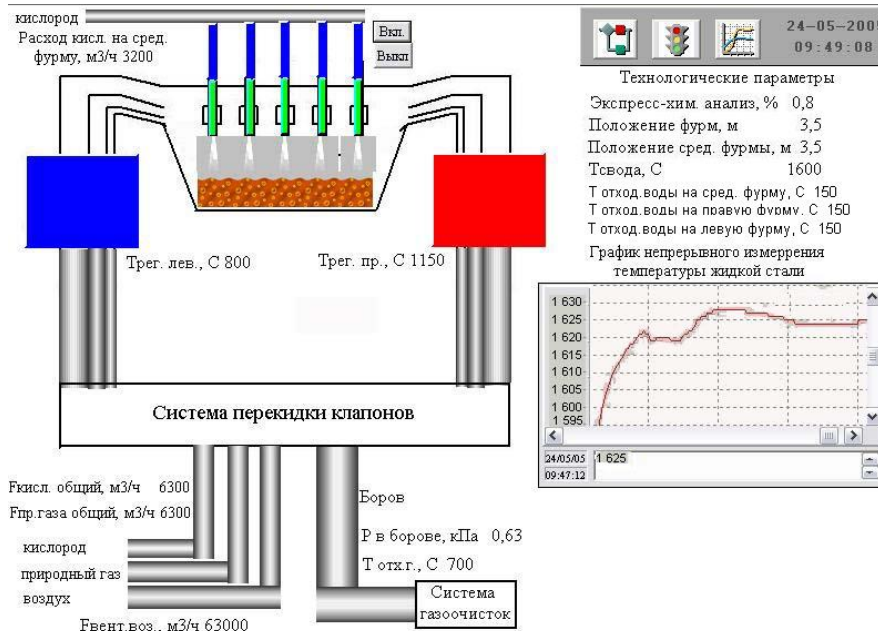


Рисунок 1.3 - Мнемосхема мартенівської печі

Автоматичний контроль параметрів доводиться виконувати в умовах високотемпературного і агресивного середовища, що ускладнює здобуття точних і надійних вимірів.

Процес виплавки сталі в мартенівській печі є складним з точки зору автоматизації, через різноманітність фізико-хімічних явищ, високих температур, великої енергоємності і матеріаломісткості.

Окрім контрольованих параметрів, приведених вище, існує ряд дій, що керують, таких як:

- склад і кількість завалювальних матеріалів;
- кількість чавуну, що заливається;
- кількість і склад присадок в період доведення;
- витрата палива (теплове навантаження);
- витрата кисню у факел і ванну;
- витрата повітря для горіння;

- реверс факела, тобто темп перекидання клапанів;
- положення фурм.

Дії, що керують, 1,2,3 - технологічні, а з 4 – 8 – теплотехнічні.

Мартенівська піч є об'єктом, статичні характеристики якого міняються по ходу плавки. Наприклад, вміст кисню в продуктах згорання залежить від витрати газу, істотно різного для періодів прогрівання і плавлення [5].

Аналіз динамічних характеристик показує, що криві розгону по тих або інших каналах різні. Всі криві розгону відображають, окрім динамічних властивостей агрегату, також і динамічні властивості вимірювальних пристроїв. Крива зміни швидкості вигоранням вуглецю в сталі при продуванні киснем, може бути розділена на три ділянки: I – початковий (інерційний); II – регуляторний режим; III – закінчення продування при низькому вмісті вуглецю. А також спостереження за процесом плавки відбувається з будованням графіків виміру температур рідкої сталі на рисунку 1.4.

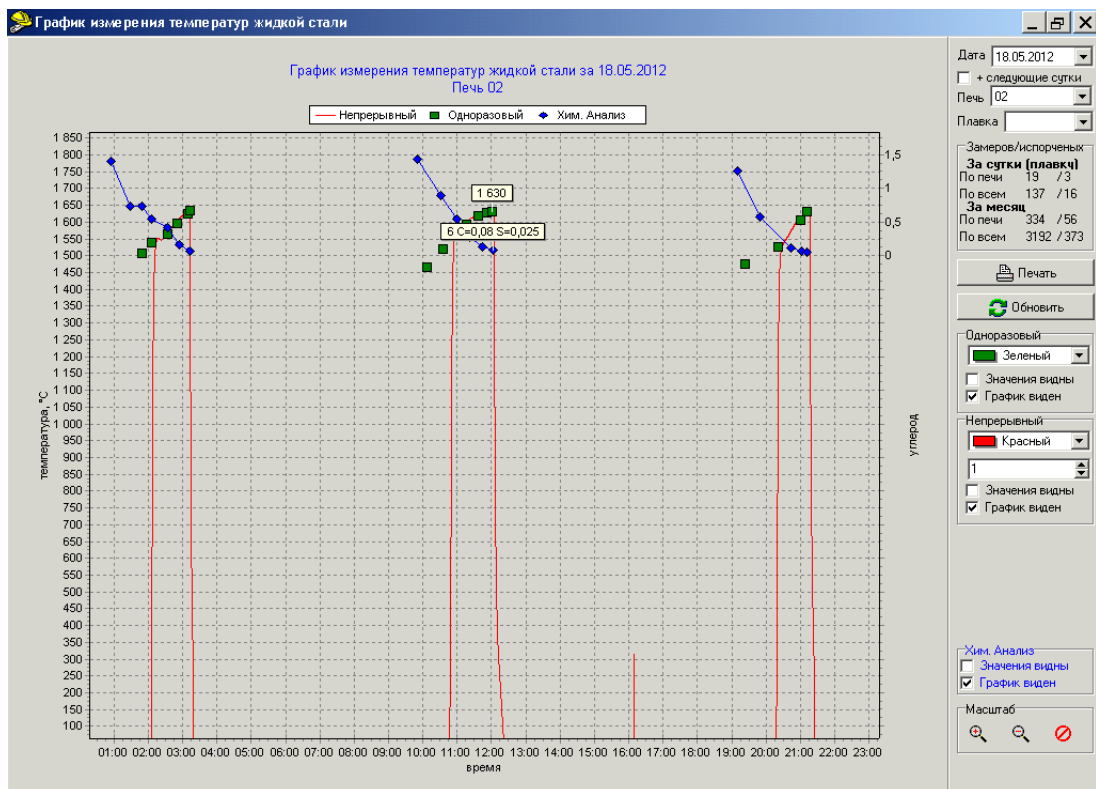


Рисунок 1.4 - Графік виміру температури

1.4 Розробка схеми інформаційних та матеріальних потоків

Щоб визначити всі вхідні і вихідні сигнали мікропроцесорної системи і здійснити проектне компонування контролера Quantum для системи автоматичного управління мартенівським процесом, на основі розглянутих алгоритмів ручного і автоматичного управління роботою механізмів склала схему інформаційних потоків (рис. 1.5).

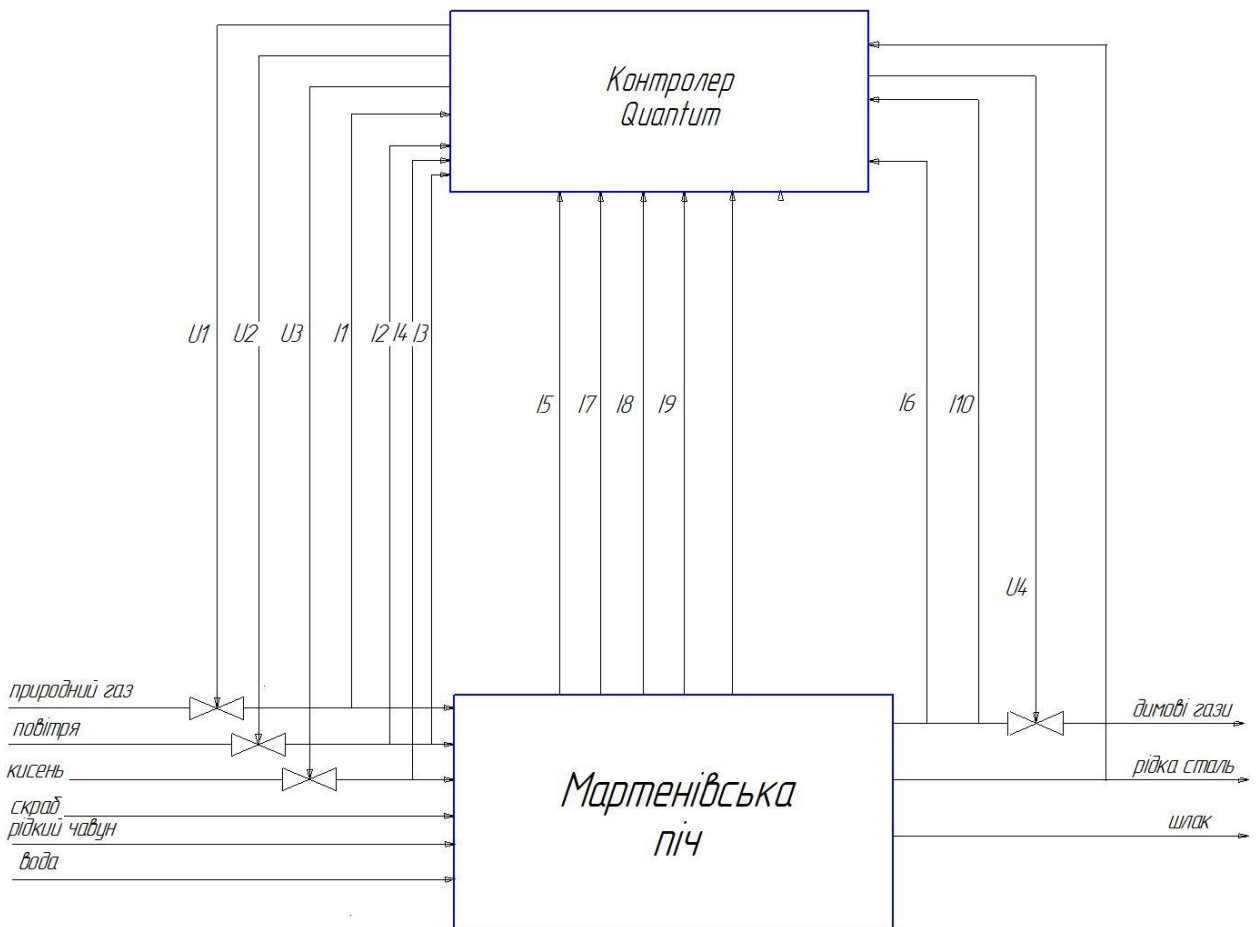


Рисунок 1.5 – Схема інформаційних потоків

Потоки інформаційних сигналів:

- I1 - витрата природного газу;
- I2 - витрата повітря;
- I3 - температура повітря;
- I4 - витрата кисню;
- I5 - температура води на охолодження фурм;

- I6 - аналіз продуктів згорання, CO, CO₂, O₂;
- I7 - температура склепіння;
- I8 - тиск води;
- I9 - тиск у робочому просторі;
- I10 - температура димових газів;
- I11 - температура рідкої сталі.

Потоки керувальних сигналів:

- U1 - подача природного газу;
- U2 - подача повітря;
- U3 - подача кисню;
- U4 – положення димового шибера.

1.5 Стан рівня автоматизації на підприємствах України

У Запорізькому регіоні мартенівські печі експлуатуються на ВАТ «Запоріжсталь». Це одне з найбільших металургійних підприємств Європи. Річна продуктивність підприємства по чавуну складає близько 2731 тисяча тонн, по сталі — 3276 тисяч тонн, по прокату — 2749 тисяч тонн. За станом на 2011 рік підприємство є одним з найбільших забрудників довкілля на Україні [3]. Основною продукцією комбінату ВАТ «Запоріжсталь» є: передільний і ливарний чавун; сляби з вуглецевих, низьколегованих, легованих і неіржавіючих сталей; гарячекатаний і холоднокатаний листовий прокат; шліфований і полірований лист з неіржавіючої сталі; холодногнуті профілі; чорна і біла жерсть; сталева стрічка; виливниці і піддони; граншлак і щебінь; рідкі гази; а також інші вироби з металу, дерева і бетону і інші види металопродукції.

При співробітництві більш ніж з п'ятьма тисячами вітчизняних і зарубіжних споживачів, комбінат зарекомендував себе надійним партнером, що забезпечує своєчасні постачання по договорах і високу якість продукції,

близько 70 % якою відвантажується на експорт. На внутрішньому ринку України продукція комбінату також має попит. Найбільш крупними споживачами є Дніпропетровська, Луганська, Донецька, Київська, Полтавська, Харківська, Запорізька і Житомирська області.

1.6 Недоліки існуючої системи управління

Недоліками мартенівського виробництва є:

- низька продуктивність;
- великі труднощі в синхронізації плавки сталі в мартенівській печі і розливання сталі на машини безперервного лиття заготовок;
- велика витрата вогнетривких матеріалів і палива;
- необхідність ручної праці при ремонтах печей;
- важкі умови праці;
- велика тривалість процесу плавки.

З цих причин мартенівський процес неухильно витісняють киснево-конвертерний і електросталеплавильний.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

АСУ ТП призначена для визначення аварійних ситуацій, шляхом опитування підключених до системи датчиків в автоматичному режимі, аналізу вимірюваних значень і перемикання технологічних вузлів у безпечний стан, шляхом видачі керуючого впливу на виконавчий механізм в автоматичному режимі або в режимі дій оперативного персоналу.

Мета створення системи:

- зниження витрати рідкого чавуну і металошихти;
- зменшити час періоду плавлення;
- зменшити втрати тепла;
- забезпечення стійкої і безпечної роботи функціонування технологічного процесу мартенівської печі;
- збільшення якості отримуваної сталі;
- мінімізація вартості сталі.

Пічний проліт мартенівського цеху є ділянкою підвищеної небезпеки. Він насичений обладнанням, що працює в інтенсивному режимі. Рухомі потяги рухаються через весь проліт залізодорожніми шляхами шихтового відткрилка через 5 в'їздів мульдового шляху в пічний проліт. Вони перетинаються з чавуновозним шляхом, який проходить через весь проліт і служить для доставки рідкого чавуна з міксерного відділення до мартенівських печей. Все це вимагає від персоналу, що знаходиться в прольоті, дотримання особливої пильності та обережності.

У прольоті є комунікації газу, кисню, повітря, води, при обслуговуванні яких потрібні спеціальні знання та навички у роботі.

2.1.1 Вимоги до надійності системи в цілому

У середньому АСУ ТП служить 5 років і виходить з ладу поелементно. В системі найменш надійною є термopара, так як є одноразовою у використанні. Для забезпечення надійності системи необхідно забезпечити ремонт і експлуатацію згідно з графіком.

Відповідно до ГОСТ 24.701-86:

«1.2 При вирішенні питань, пов'язаних із забезпеченням необхідного рівня надійності АСУ, необхідно враховувати такі особливості АСУ:

- кожна АСУ є багатофункціональною системою, функції якої мають істотно різну значимість і, відповідно, характеризуються різним рівнем вимог до надійності їх виконання;

- у багатьох АСУ можливе виникнення деяких виключних (аварійних, критичних) ситуацій, що представляють поєднання відмов або помилок функціонування системи і здатні призвести до значних порушень функціонування об'єкта управління (аварій);

- у функціонуванні АСУ беруть участь різні види її забезпечення і персонал АСУ, які можуть в тій чи іншій мірі впливати на рівень надійності АСУ;

- до складу кожної АСУ входить велика кількість різнорідних елементів. При цьому у виконанні однієї функції АСУ зазвичай беруть участь кілька різних елементів, а один і той же елемент може брати участь у виконанні декількох функцій системи».

2.1.2 Вимоги до функцій (завданням)

По інформаційних функціях вказується:

Таблиця 2.1

Інформаційні функції.

Найменування параметрів	Діапазон виміру	Спосіб одержання інформації	Періодичність одержання інформації	Місце представл. інформації	Форма представлення інформації
температура води	20-25°C	Вимір термopарою	Раз в 15 хв.	ДИСК-250	Показання на діаграмній

на охолодження фурм					стрічці
Температура рідкої сталі	1550-1650°C	Вимір термопарою	Разовий вимір і тривалого занурення	ДИСК -250	Показання на діаграмній стрічці
Температури димових газів	500-700°C	Вимір термопарою	Раз за плавку (в кінці плавки)	ДИСК -250	Показання на діаграмній стрічці
температура зводу	1650-1680°C	Вимір ТЭРА РС-20	Раз в 15 хв.	ДИСК -250	Показання на діаграмній стрічці
Температура повітря	1000 – 1200 °С	Вимір термопарою	Раз в 10 хв.	ДИСК -250	Показання на діаграмній стрічці
Хімічний склад димових газів	Зміст ІЗ	В експрес лабораторіях	Раз за плавку	Вимір газоаналіза тором	Показання на діаграмній стрічці, екран оператора
Тиск води	0-390 кПа	КСДЗ	Раз в 20 хв.	ДМ 2010 Сг 05	Показання на діаграмній стрічці, екран оператора
Тиск робочому просторі	0-100 кПа	Метран-100 ДИ	Раз в 10 хв.	ДИСК -250	Показання на діаграмній стрічці, екран оператора
Витрата повітря	0-2000 м ³ /год	ДМИ-Р	Раз в 10 хв.	ДУП-М	Показання на діаграмній стрічці, екран оператора
Витрата природного газу	0-0,6 м ³ /год	МЭД	Раз в 5 хв	ДИСК -250	Показання на діаграмній стрічці, екран оператора
Витрата кисню	0-2500 м ³ /год	ДМИР-УЧ	Раз в 10 хв.	ДИСК -250	Показання на діаграмній стрічці, екран оператора

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА

Структура автоматизація мартенівської печі складається з декількох рівнів.

На локальному рівні вимоги такі:

1. Перетворення вимірюваних параметрів в уніфікований струмовий (0-20мА, 4-20мА) і по напрузі (0-5В, 0-10В, $\pm 5В$, $\pm 10В$). Для перетворення використовується первинний перетворювач;
2. Управління становищем фурм у місцевому дистанційному режимі;
3. Реалізація блокувань і аварійних захистів обладнання мартенівської печі;
4. Регулювання технологічних параметрів з ручним введенням завдання. За допомогою контролера і виносного пульта;
5. Формування попереджувальної і аварійної сигналізації;
6. Узгодження сигналів від датчиків з входами ПЗО і виходів ПЗО з виконавчими органами.

На рівні підсистем мартенівського виробництва вимоги:

1. Збір та обробка інформації, що надходить від мартенівської печі;
2. Подання інформації на вторинний цифровий перетворювач, реєструючий прилад (ДИСК 250), операторські панелі;
3. Реалізація завдань програмно - логічного управління мартенівською піччю;
4. Реалізація завдань оптимізації режимів мартенівського процесу;
5. Періодичними опитуваннями інтелектуальних датчиків (МЕТРАН-150) і виявлення їх стану. Налаштування діапазонів вимірювань до 100:1. Датчик може бути налаштованим на значення 0,5 с. Датчики стійкі до електромагнітних перешкод;

6. Виявлення відхилень параметрів мартенівського процесу від регламентованих значень;

7. Видача звітних документів (зведення, звітний рапорт), що містять інформацію про кількість спожитої шихти і виробленої сталі.

На рівні підсистем верхнього рівня вимоги:

1. Розрахунок оптимальних режимів мартенівської печі і параметрів для отримання потрібної марки сталі;

2. Періодичний розрахунок якісних характеристик мартенівського процесу і якісних показників сталі;

3. Розрахунок техніко-економічних показників за певний період мартенівського виробництва;

4. Подання на комп'ютері майстра передісторію мартенівського процесу за місяць;

5. Видача звітних документів.

3.2 Вивчення принципів управління по кожному технологічному параметру

Мартенівський процес характеризується інерційністю та транспортним запізненням, тому з позиції керування є складним об'єктом. В схемах керування такими об'єктами застосовують додаткові інформаційні канали, які виявляються найбільш ефективними по відношенню до обурень, які йдуть зі сторони регулюючого органу (РО). Точку відбору додаткової інформації для найкращого забезпечення інваріантності обирають за можливістю ближче до РО, а системи з додатковим впливом від допоміжної регулюючої величини називають каскадними.

Мартенівська піч є об'єктом, статичні характеристики якого міняються по ходу плавки. Наприклад, вміст кисню в продуктах згорання залежить від витрати газу, істотно різного для періодів прогрівання і плавлення [5].

Аналіз динамічних характеристик показує, що криві розгону по тих або інших каналах різні. Всі криві розгону відображають, окрім динамічних властивостей агрегату, також і динамічні властивості вимірювальних пристроїв. Крива зміни швидкості вигорання вуглецю в сталі при продуванні киснем, може бути розділена на три ділянки: I – початковий (інерційний); II – регуляторний режим; III – закінчення продування при низькому вмісті вуглецю. А також спостереження за процесом плавки відбувається з будівництвом графіків виміру температур рідкої сталі на рисунку 3.4.

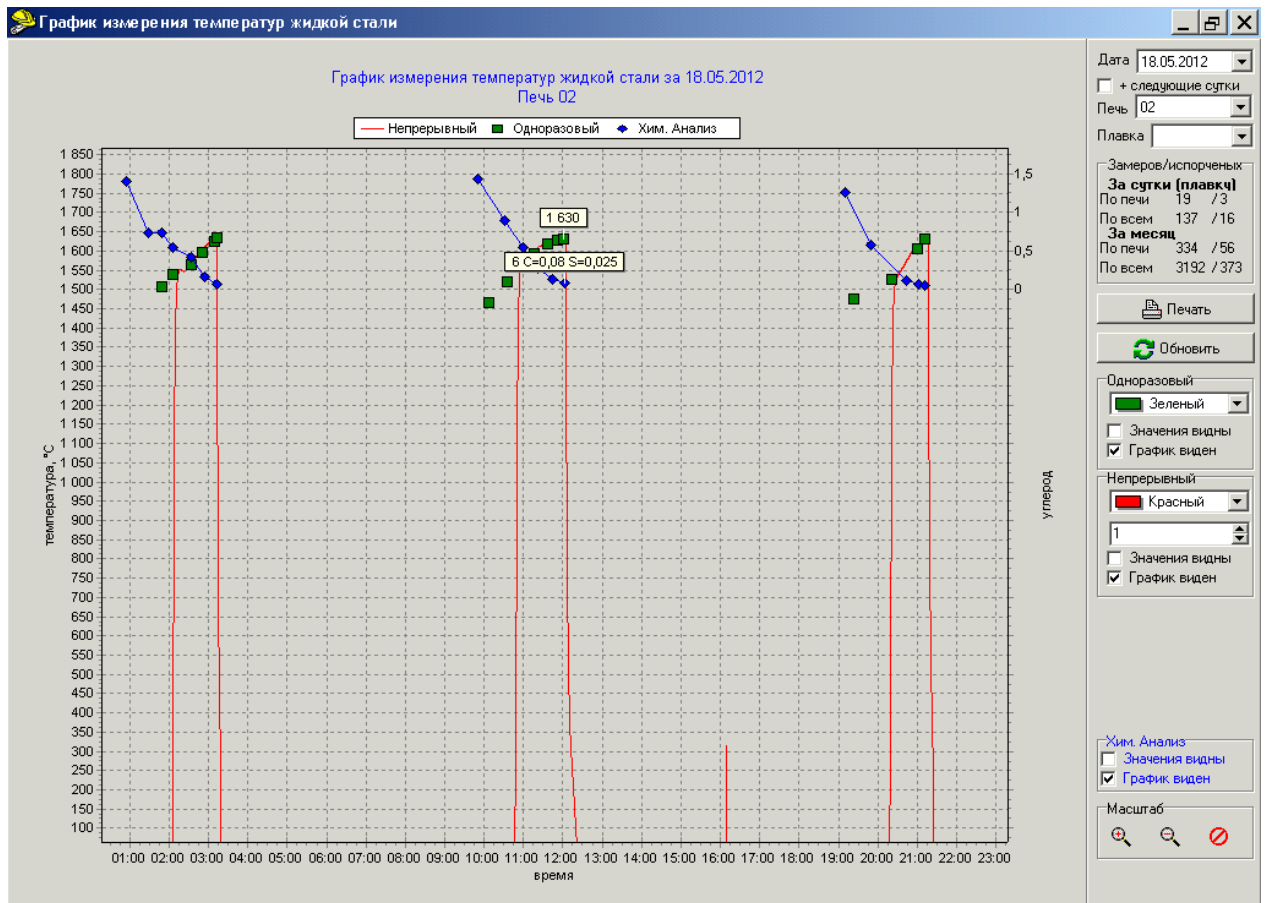


Рисунок 3.4 - Графік виміру температури

3.3 Вибір (розрахунок) математичної моделі системи управління

ПІ-регулятор- пропорційно-інтегральний-регулятор. ПІ-регулятор являє собою поєднання П- та І-регуляторів. Передаточна функція ПІ-регулятора:

$$W_{pi}(s) = K_p (1 + 1/T_i p),$$

схеми та результати моделювання у вигляді перехідних процесів наведені на рис. 3.1 - 3.4.

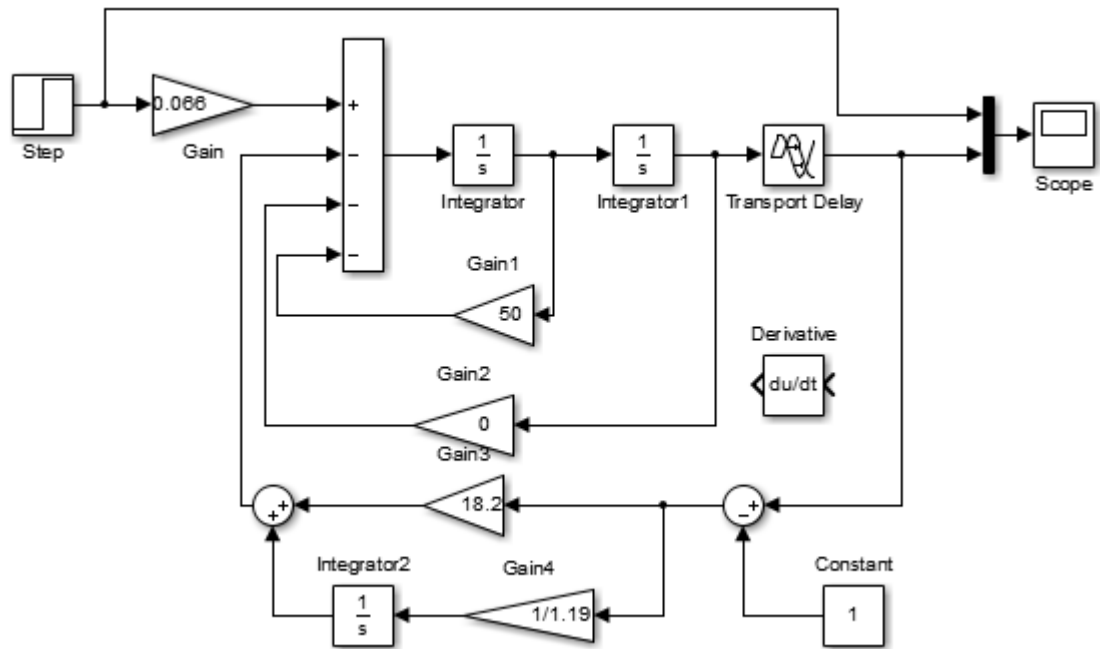


Рисунок 3.1 - Схема моделювання ПІ – регулятора

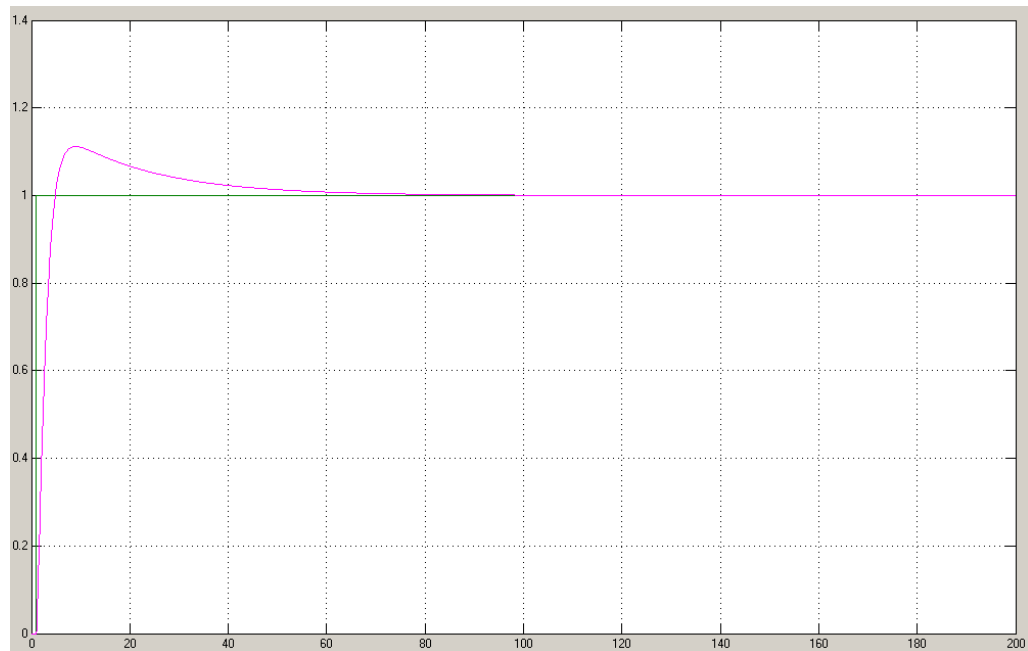


Рисунок 3.2 - Перехідний процес

При збільшенні чи зменшенні T_i відповідно змінюється час перехідного процесу, при змінненні K_p час перехідного процесу збільшується.

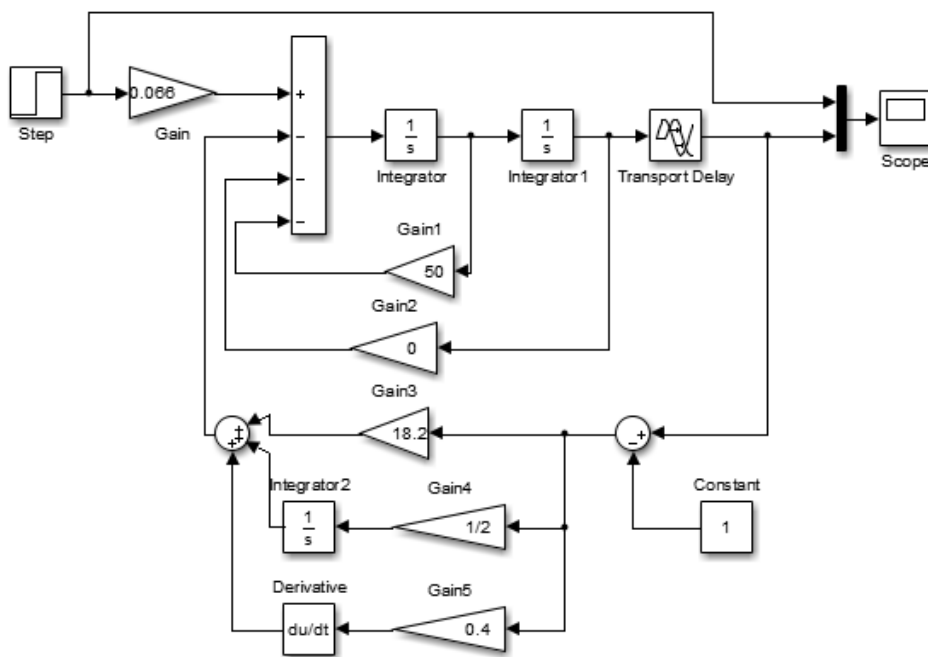


Рисунок 3.3 - Схема моделювання ПІ – регулятора

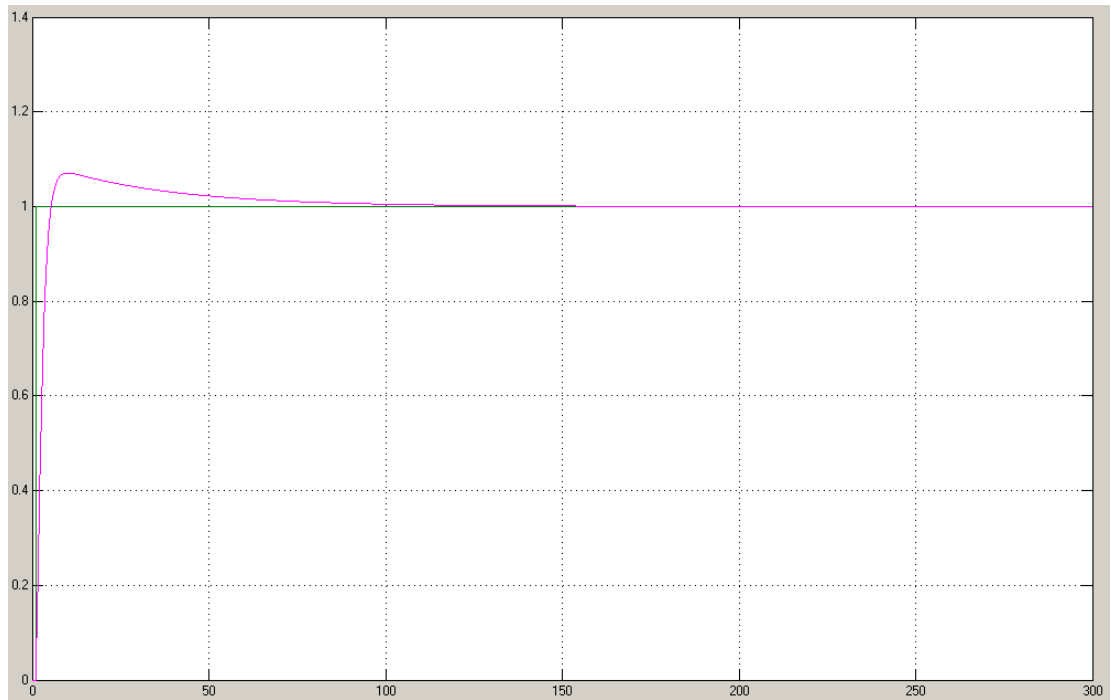


Рисунок 3.4 - Перехідний процес

При збільшенні чи зменшенні T_d відповідно змінюється час набуття значення найбільшого відхилення від заданої величини, при зміні T_i відповідно змінюється час перехідного процесу, при зміні K_p змінюється час та вид перехідного процесу.

ПІ- регулятор має достатньо не великий час перехідного процесу та в ньому можливо уникнути статичної помилки, але в ньому присутня значна динамічна похибка.

Каскадна система регулювання - це система, в якій регулятор процесу не керує роботою клапана безпосередньо, а регулює роботу іншого регулятора, що є посередником. Основний регулятор виходу зазвичай є зворотним зв'язком регулятора входу. Так як вхідний регулятор не має у своєму контурі процесу, то він не може швидко внести поправку.

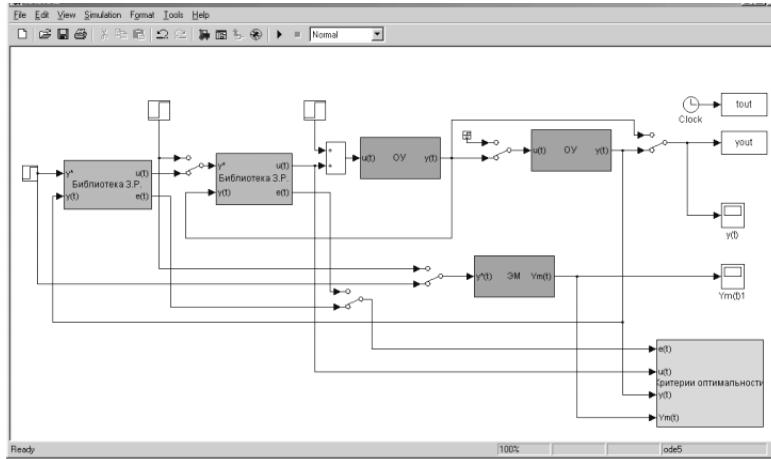


Рисунок 3.5 - Схема моделювання каскадної системи

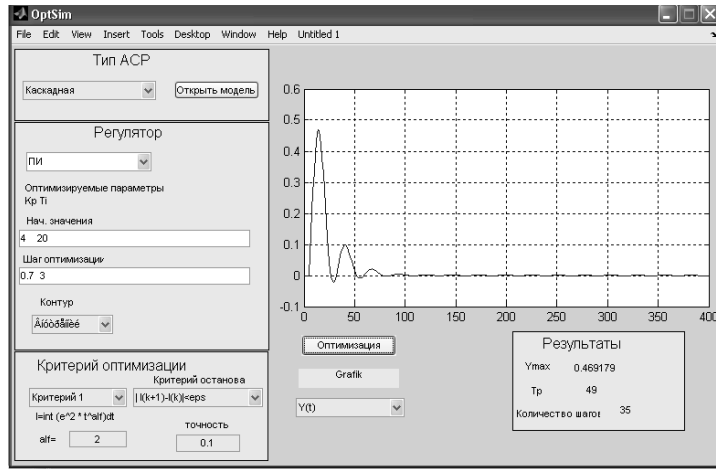


Рисунок 3.6 - Перехідний процес

Критерій 1

$$K_p = 2.698437$$

$$T_i = 18.921875$$

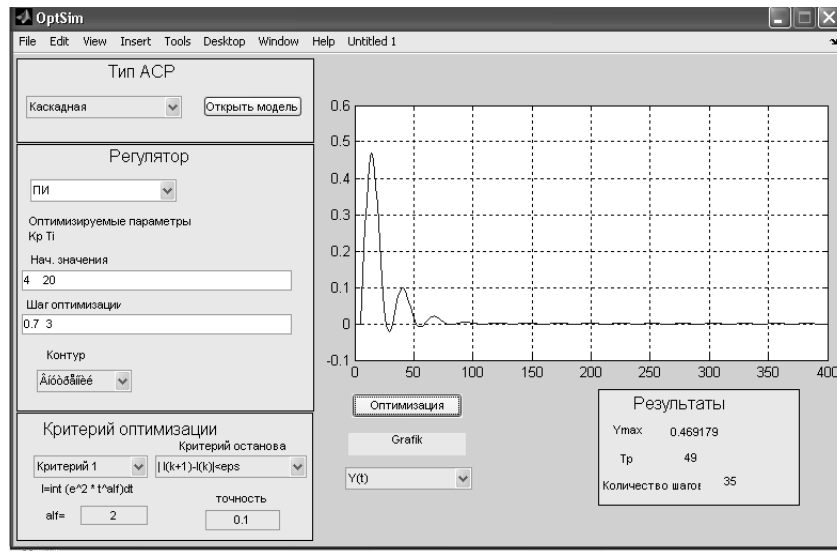


Рисунок 3.7 - Перехідний процес для критерію 1.

Критерій 8

$$K_p = 0.34$$

$$T_i = 283.0$$

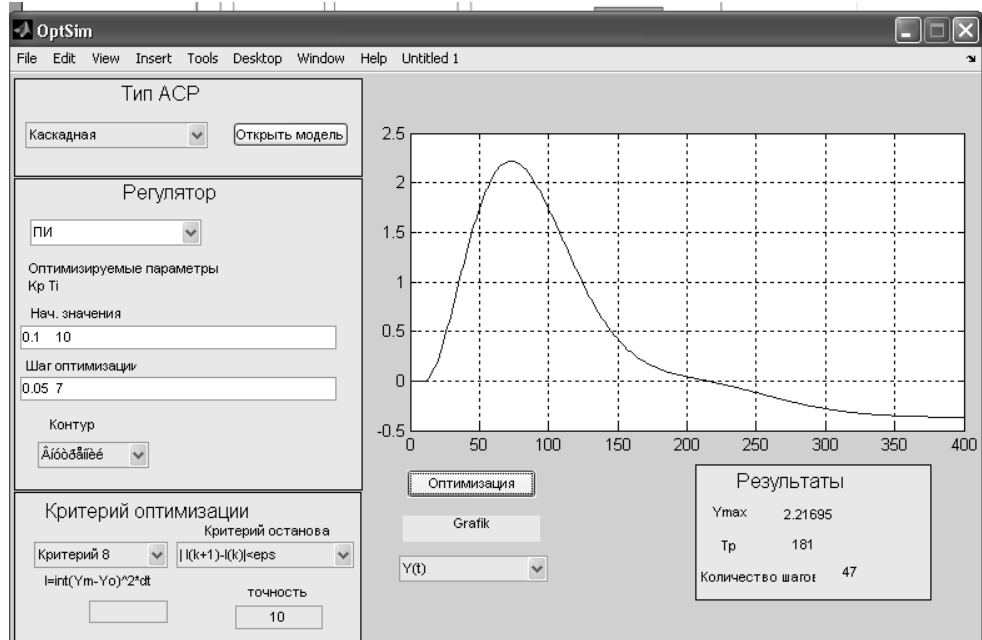


Рисунок 3.8 - Перехідний процес для критерію 8.

Критерій 7

$$K_p = 0.55$$

$$T_i = 57.25$$

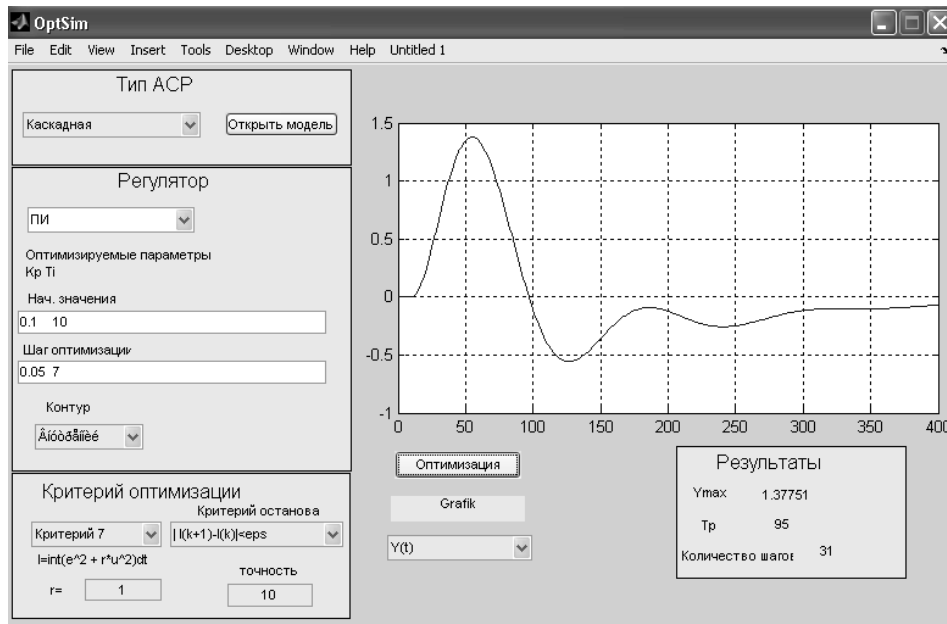


Рисунок 3.9 - Перехідний процес для критерію 7.

Каскадна САУ с двома регуляторами

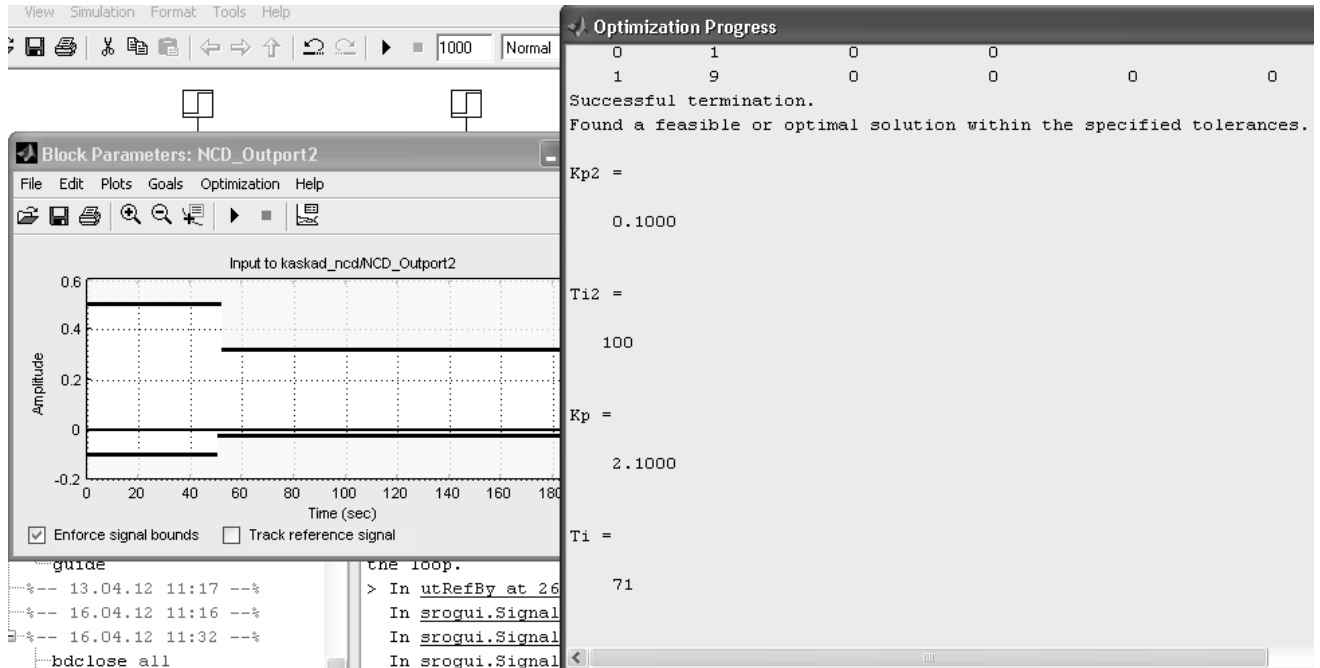


Рисунок 3.10 - Показники для внутрішнього контуру

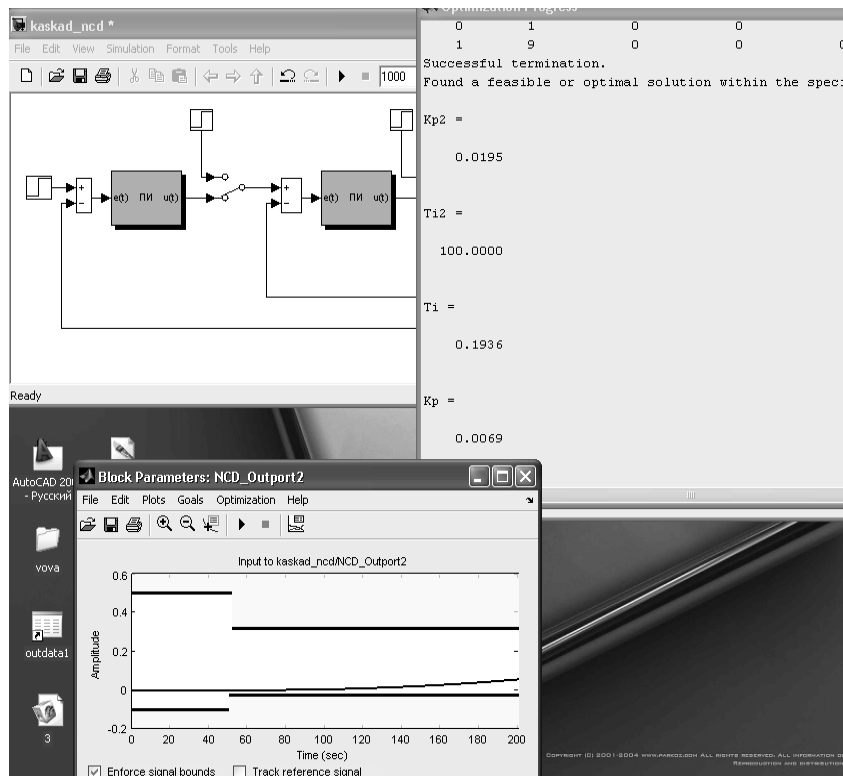


Рисунок 3.11 - Показники для зовнішнього контуру

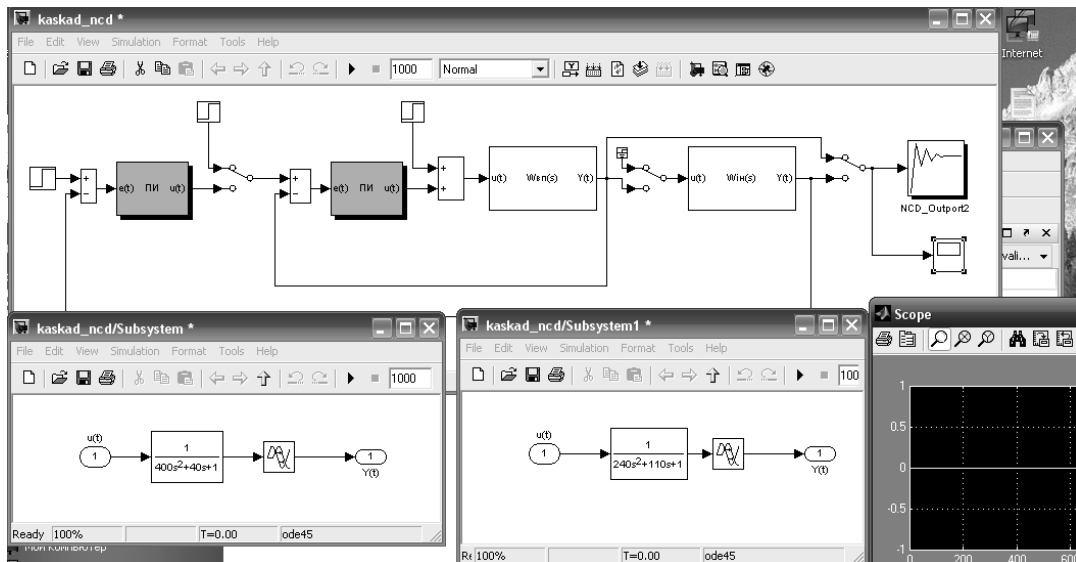


Рисунок 3.12 - Схема моделювання каскадної системи с двома регуляторами

Аналіз роботи систем автоматичного регулювання із різними структурами, законами управління та параметрами регуляторів показав, що для САР температури у робочому просторі мартенівської печі доцільно використовувати ПІ-закон регулювання із наступними параметрами: $K_p=3$, $T_n=19-20$. Якість перехідного процесу при таких налаштуваннях відповідає вимогам

3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА

3.4.1. Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади.

Визначення кількості та типу вхідних і вихідних сигналів мікропроцесорного контролера.

Визначення кількості та типу вхідних і вихідних сигналів контролера здійснюється на основі аналізу вихідних сигналів датчиків, що контролюють технологічні параметри і методів управління виконавчими механізмами, які отримують керувальний вплив від мікропроцесорного контролера, табл.3.1-3.3

Таблиця 3.1 - Вхідні інформаційні сигнали

Найменування вхідного сигналу	Одиниці вимірювання	min	max
Температура води на охолодження фурм	°C	20	25
Температура рідкої сталі	°C	1550	1650
Температури димових газів	°C	500	700
Температура склепіння	°C	1650	1680
Температура повітря	°C	1000	2000
Аналіз продуктів згорання, CO, CO ₂ , O ₂		0	100
Тиск води	кПа	0	390
Тиск у робочому просторі	кПа	0	100
Витрата повітря	м ³ /Г	0	2000
Витрата природного газу	м ³ /Г	0	0,6
Витрата кисню	м ³ /Г	0	2500

Керуючись даними, що наведені у табл.3.1, і каталогами виробників технічних засобів автоматизації- «ЕЛЕМЕР», «ПЭК», "Промавтоматика", "ПриборТрейд", підібрані необхідні датчики та виконавчі механізми і визначені їх вихідні та вхідні сигнали (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Технічні засоби, що формують вхідні сигнали контролера

Параметр	Назва і тип датчика або виконавчого механізму	Вихідний сигнал датчика	Постачальник технічного засобу
Температура води на охолодження фурм	Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТСПУ-055	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Температура рідкої сталі	Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТСПУ-205Н	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Температури димових газів	Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТХАУ-205 Н	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Температура склепіння	Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТХУУ-205Н	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Температура повітря	Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТХУУ-055	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Аналіз продуктів спороання, СО, СО ₂ , О ₂	Газоаналізатор АКВТ-01	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Тиск води	Малогабаритний датчик тиску АІР-12S	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва

Продовження табл. 3.2

8	Тиск у робочому просторі	Малогабаритний датчик тиску Метран - 100ДИ	4- 20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
9	Витрата повітря	Перетворювач диференційного тиску АИР-30-СД13	4- 20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
10	Витрата природного газу	Перетворювач диференційного тиску АИР-30-СД13	4- 20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
11	Витрата кисню	Перетворювач диференційного тиску АИР-30-СД13	4- 20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва

Таблиця 3.3 - Вихідні сигнали контролера

№ п/п	Найменування вихідного сигналу	Комутовані параметри	Тип сигналу
1	Температура рідкої сталі	~220В, 2А	Дискретний «сухий контакт»
2	Хімічний склад газів, які відходять	~220В, 2А	Дискретний «сухий контакт»
3	Температура шлаку	~220В, 2А	Дискретний «сухий контакт»

Таблиця 3.4 - Виконавчі пристрої, що отримують вихідні сигнали

Параметр	Назва і тип виконавчого механізму, що змінює параметр	Сигнал керування виконавчим пристроєм	Постачальник технічного засобу
Витрата природного газу	Пускач ПБР з виконавчим механізмом МЕО-40/63-0,63-93	Імпульсний	ООО «ПЭК» м. Чебоксари
Тиск у робочому просторі	Пускач ПБР з виконавчим механізмом МЭО-100/25-0,25-99	Імпульсний	ООО "Промавтоматика", м.Екатеринбург
Витрата повітря	Пускач ПБР з виконавчим механізмом МЕО-40/63-0,63-93	Імпульсний	ООО «ПЭК» м. Чебоксари
Витрата кисню	Пускач ПБР з виконавчим механізмом МЭО-100/10-0,25 У84 У2	Імпульсний	ООО"ПриборТрейд", м. Чебоксари

3.4.2. Промислові контролери. Проектне компонування контролера Modicon TX Quantum

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

Система гарячого резервування забезпечує високий рівень експлуатаційної готовності ЦПУ Quantum, завдяки наявності двох шасі ПЛК – основного і резервного, апаратна конфігурація яких повністю співпадає. Основним елементом кожного шасі є процесор 140 CPU 671 60 спеціально

розроблений для архітектури гарячого резерву з програмним забезпеченням Unity Pro.

Основний ПЛК виконує прикладну програму і контролює входи-виходи. Резервний ПЛК залишається у фоновому режимі і готовий у будь-яку мить прийняти на себе управління. Резервний ПЛК з'єднаний з основним високошвидкісним волоконно-оптичним каналом зв'язку (100 Мбод), що вбудований в ЦПУ. Довжина цього волоконно-оптичного каналу без додаткового спеціального обладнання може сягати 2 км. За допомогою цього каналу здійснюється періодичне оновлення даних користувальницького додатку у резервному ПЛК.

Коли основний контролер відмовляється працювати, система резервування автоматично переведе виконання програми і управління входами-виходами на резервний ПЛК, який стає основним. Після відновлення працездатності контролера, що вийшов з ладу, і повторного підключення його до системи резервування він стає резервним.

Приклад архітектури системи гарячого резерву наведений на рис 3.13.

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

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

Кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера дорівнює 11. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20 мА. На такий входний сигнал орієнтований 8-канальний аналоговий модуль вводу 140 АСІ 040 00, який споживає струм 240 мА і має потужність 2 Вт.

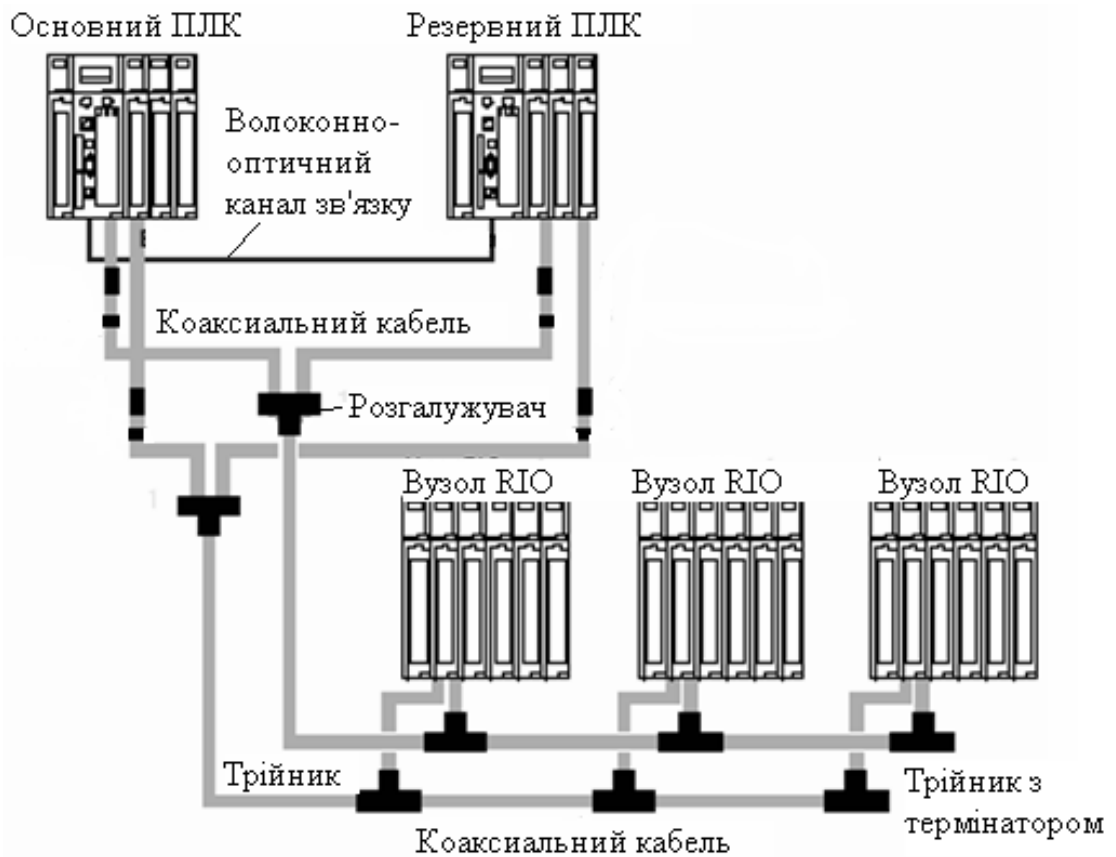


Рисунок 3.13 - Приклад архітектури системи гарячого резерву

Кількість модулів такого типу, необхідних для перетворення 11 вхідних сигналів дорівнює:

$$11 \text{ вхідних сигналів} : 8 \text{ каналів вводу} = 1,38 \approx 2 \text{ модулі } 140 \text{ АСІ } 040 \text{ 00.}$$

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керувальний вплив на температуру у робочому просторі. Здійснюється це за допомогою виконавчих механізмів сталої швидкості, які працюють від імпульсних сигналів управління. Оскільки при регулюванні технологічних параметрів виконавчий механізм має здійснювати компенсацію збурень шляхом збільшення або зменшення витрати природного газу, кисню та повітря, при розрахунку кількості дискретних модулів виводу необхідно передбачити на кожний виконавчий механізм два виходи – «більше» і «менше». Як показано у табл. 3.4, зміну витрат технологічних параметрів здійснюють чотири виконавчих механізми, а це означає, що для керування їх роботою потрібно 3 вихідних каналів дискретного модуля виводу.

Серед існуючих дискретних модулів виводу Quantum для керування роботою виконавчих механізмів найбільш підходить модуль 8 релейних виходів модуль вивода: 140 DRC 830, оснащених вихідними реле з нормально відкритими контактами і який споживає струм 560 мА

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

$$3 \text{ вихідних сигнала} : 8 \text{ каналів виводу} = 0,35 \approx 1 \text{ модуль } 140 \text{ DRC } 830 \text{ } 00$$

Для опитування 11 входів, обробки інформації, відповідно до алгоритмів керування окремими технологічними параметрами, оновлення станів 3 вихідних каналів, реалізації одної гілки розподіленого вводу-виводу та здійснення інших процедур у системі управління, можна використати центральний процесор 140 CPU 671 60. Він має ОЗП –1024 Кбайта, 1 порт Modbus Plus і споживаний струм шини – 790 мА, а також підтримує локальний ввід-вивід– до 64 (ввід)/64 (вивід) і розподілений ввід-вивід – до 128 (ввід)/128 (вивід).

Оскільки, відповідно до завдання, необхідно конфігурувати розподілений ввід-вивід, для віддаленої панелі потрібен адаптер вузлу DIO 140 CRA 211 10, який одночасно використовується як блок живлення вузла. Цей адаптер має порт Modbus Plus для сполучання з центральним процесором, живиться напругою 115/230 А змінного струму. Головний вузол ЦПУ з підтримкою Modbus Plus 140 NOM 211 00.

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

Аналоговий модуль вводу споживає струм 240 мА, дискретний модуль виводу – 560 мА, центральний процесор – 790 мА. Тобто сумарний струм, що споживають модулі центрального шасі дорівнює 1590 мА. Щоб

забезпечити такий струм споживання необхідно використати модуль живлення 140CPS 111 00, який має вхідну напругу 100-276 В змінного струму, а вихідний струм шини дорівнює максимум 3А.

Для конфігурування розподіленого вводу-виводу потрібні два шасі. На центральному необхідно встановити модуль живлення, центральний процесор, аналоговий модуль вводу і дискретний модуль виводу, а на виносному – адаптер вузлу DIO і аналоговий модуль вводу. У зв'язку з цим у якості центрального шасі необхідно використати 4-слотове 140 XBP 004 00, а для розподіленого вводу застосувати 2-слотове 140 XBP 002 00.

Для з'єднання порту Modbus Plus центрального процесора з адаптером вузла 140 CRA 211 10, який розташований на певній відстані, потрібен кабель 490 NAA 271 01 довжиною 30,5м.

3.4.3 Розробка проекту і створення програмного коду системи автоматичного управління мартенівською піччю

Concept - це сучасний інструмент для ОС Windows, який надає єдине багатомовне середовище для програмування систем управління на базі контролерів серії Modicon TSX Quantum.

Основними перевагами цього пакету є досконалі графічні редактори і контекстна допомога, можливість використання всіх п'яти мов МЕК - стандарту і наявність групи елементів для регулювання, нечіткого управління, системного конфігурування та діагностики, могутні функції пошуку змінних, помилок, визначення невикористаних змінних і перевірки роботи програми за допомогою емулятора.

Проект користувача складається з однієї або декількох секцій, за допомогою яких визначається специфіка функціонування окремих компонентів і системи в цілому. У програмі вказується порядок виконання секцій, характеризуються змінні, константи, підтримуються пряма адресація і декілька різних типів даних.

Для створення нового проекту обрано мову LD та підключено контролер у вікні PLS Configuration (рис. 3.14).

PLC Configuration			
PLC			
Type:	140 CPU 113 03	Available Logic Area:	1100
Exec Id:	871	Extended Memory:	—
Memory Size:	16K		
Ranges		Loadables	
Coils:	000001 - 001536	Number installed:	2
Discrete Inputs:	100001 - 100512		
Input Registers:	300001 - 300512		
Holding Registers:	400001 - 401872		
Specials		Segment Scheduler	
Battery Coil:	—	Segments:	32
Timer Register:	—		
Time of Day:	—		
Config Extensions		ASCII	
Data Protection:	Disabled	Number of Messages:	0
Peer Cop:	Disabled	Message Area Size:	0
Hot Standby:	Disabled	Number of Ports:	0

Рисунок 3.14 - Підключення контролеру у вікні PLS Configuration

Конфігурування модулів вводу-виводу, а також задіяних каналів здійснюється за допомогою I/O Map... карти, яка викликається в меню вікна PLC Configuration через пункт Configure / I/O Map.

Алгоритм програми складається з основних секцій (контакти, катушки та FBD блоків). Необхідно активувати Variable (Змінна), Literal (Число) або Direct address (Пряма адреса) і вказати ім'я змінної, числове значення або пряму адресу (рис. 3.15).

Для завдання констант така сама послідовність дій (рис. 3.16).

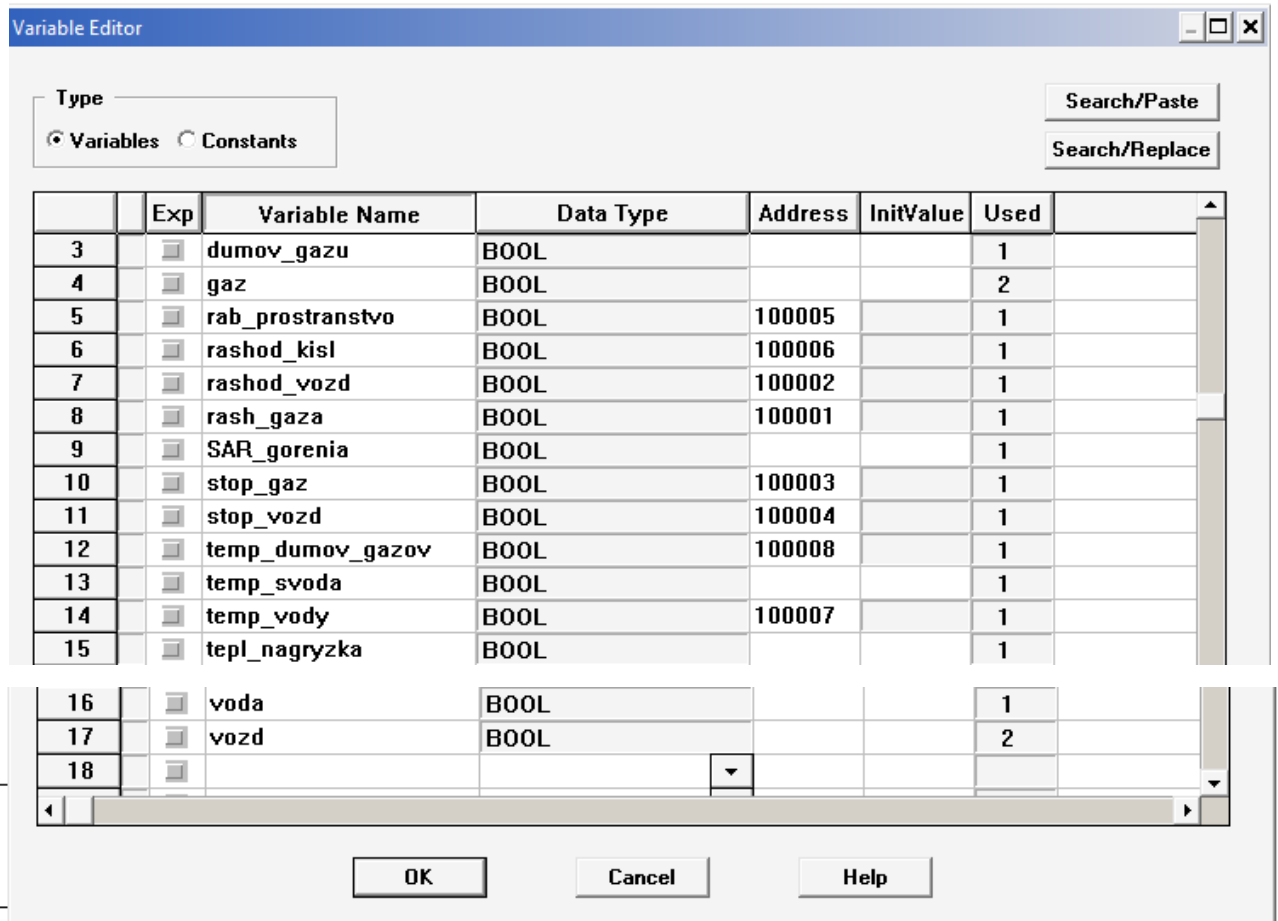


Рисунок 3.15 - Задання змінних

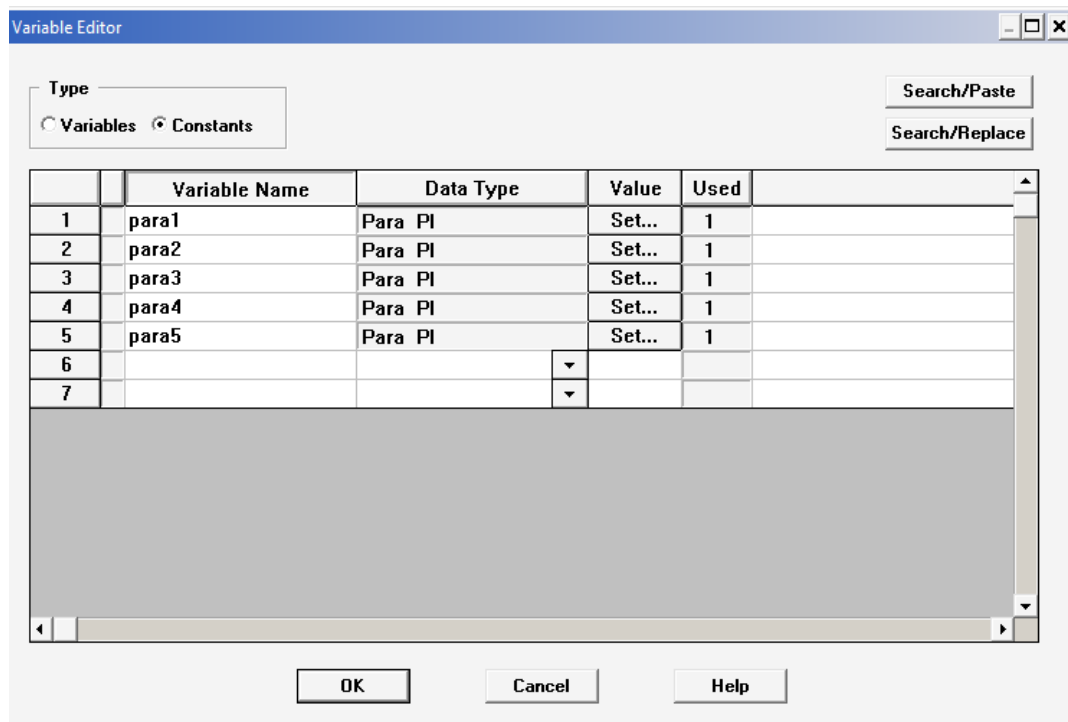


Рисунок 3.16 - Задання констант

Програма складається з декількох частин.

На рис.3.17 зображено схему регулювання теплового навантаження, яка складається з таких показників, як витрата природного газу, витрата повітря та температура склепіння печі. Теплове навантаження регулюється ПІ-регулятором, та передає діючі значення на пульт оператора. При спрацюванні контактів stop_gaz або stop_vozd, на пульті не буде відображатися інформація.

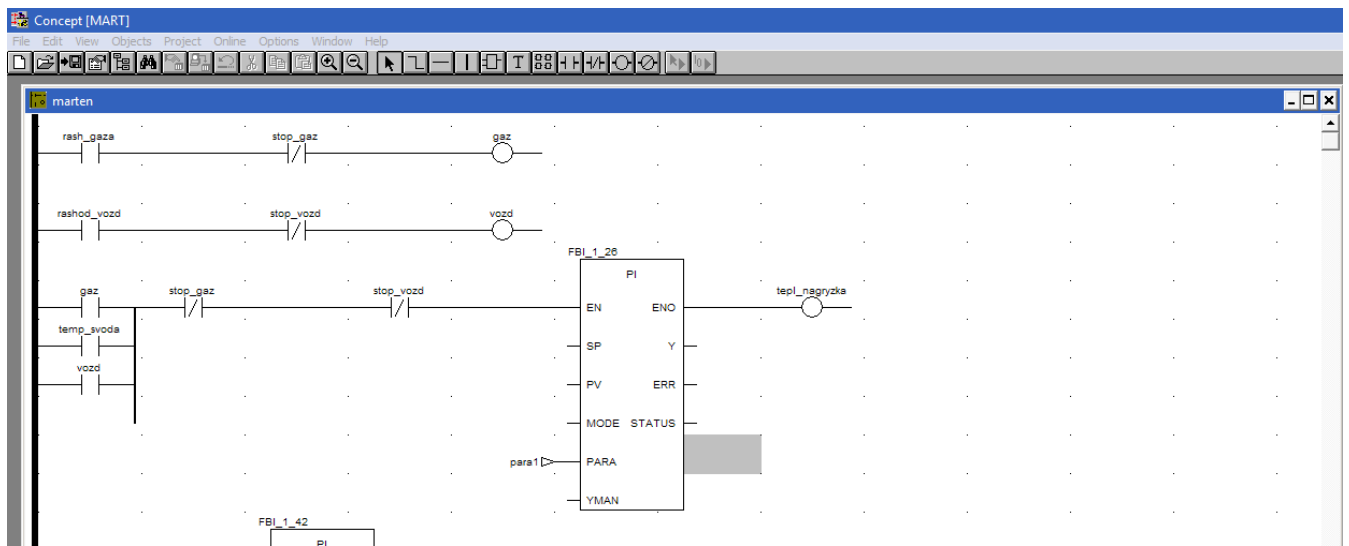


Рисунок 3.17 - Алгоритм регулювання САУ теплового навантаження

На рис. 3.18 показана система регулювання тиску у робочому просторі та САР горіння.

ПІ-регулятор є одним з найбільш універсальних регуляторів. Фактично ПІ-регулятор – це П-регулятор з додатковою інтегральною складовою. Складові І, доповнює алгоритм, у першу чергу потрібна для усунення статичної помилки, яка характерна для пропорційного регулятора. По суті, інтегральна частина є накопичувальною, і в такий спосіб дозволяє здійснити запис попередньої історії зміни вхідної величини.

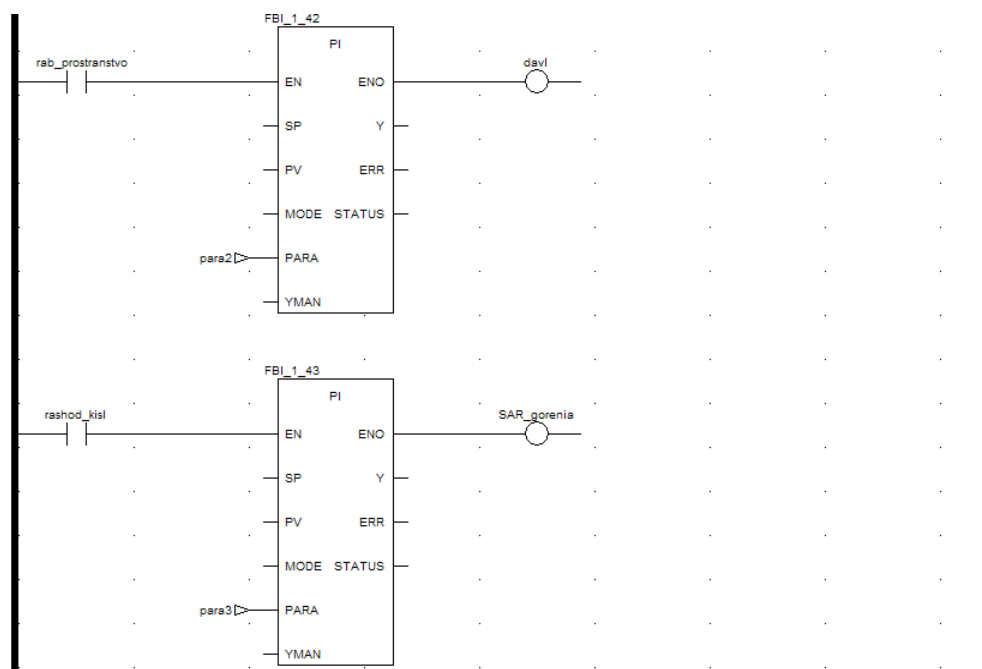


Рисунок 3.18 - Алгоритм регулювання тиску у робочому просторі та САР горіння

На рис. 3.19 наведена система регулювання тиском та температурою води, яка необхідна для охолодження фурм.

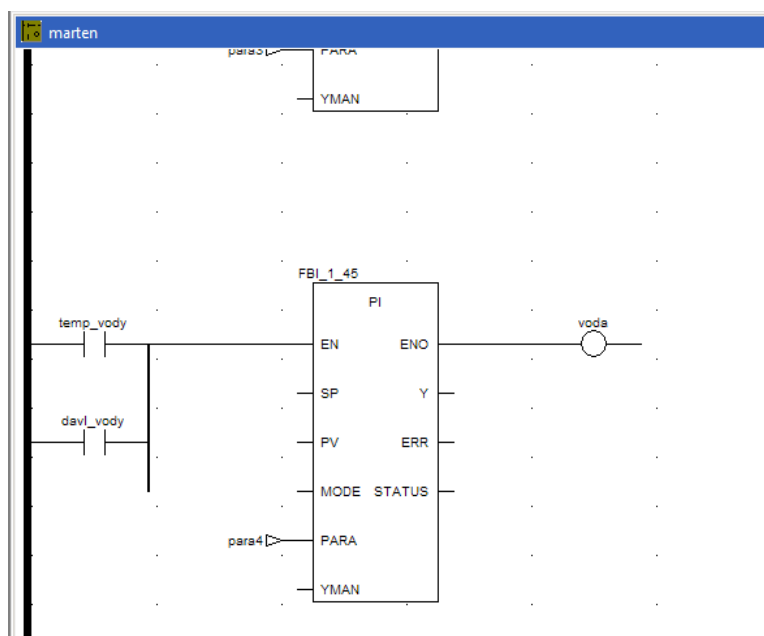


Рисунок 3.19 - Алгоритм регулювання тиском та температурою води

Для перегляду процесу симуляції роботи програми обирається меню Online->Download.

Екрани проекту в процесі симуляції мають наступний вигляд, наведений на рис. 3.20 та 3.21.

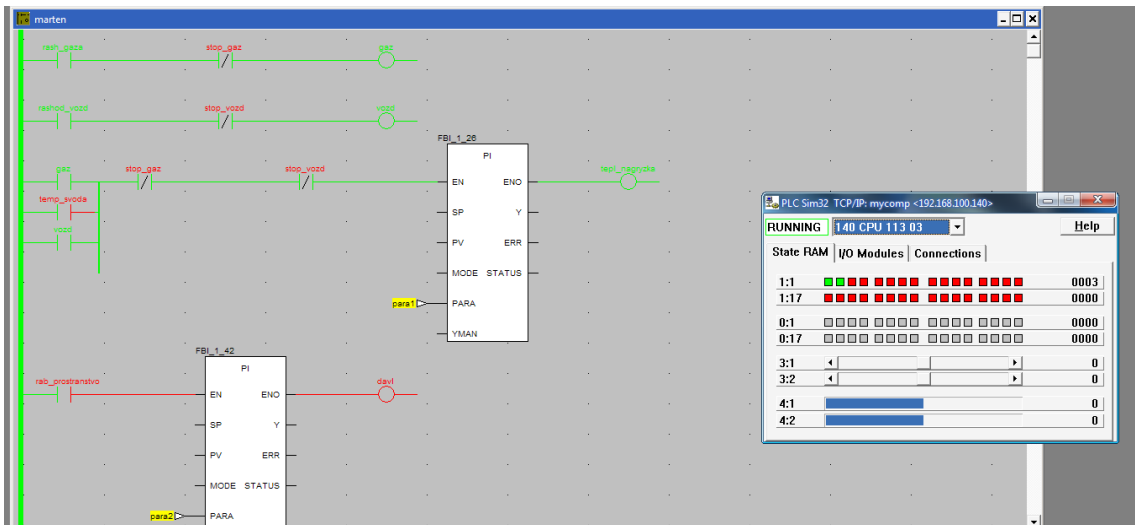


Рисунок 3.20 - Екран проекту в процесі симуляції (частина перша)

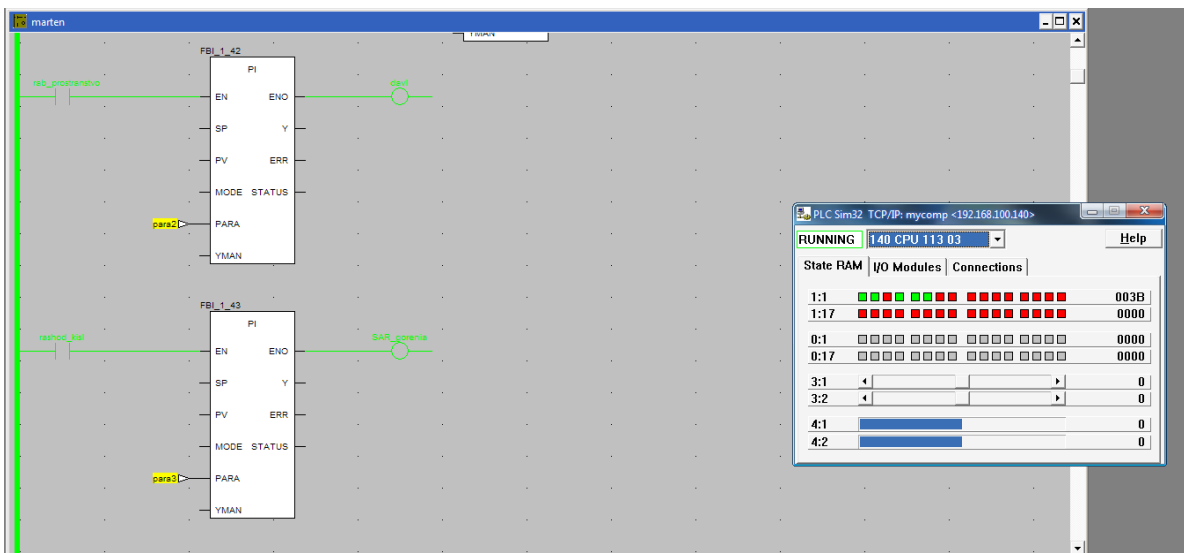


Рисунок 3.21 - Екран проекту в процесі симуляції (частина друга)

Para1, Para 2, Para 3, Para 4, Para 5 - коефіцієнти, в яких задається діапазон значень. Наприклад, на рис. 3.22 зображено вікно зі значенням Para 3, яка враховує, що витрата кисню повинна бути у діапазоні від 0 до 2500 м³/ч.

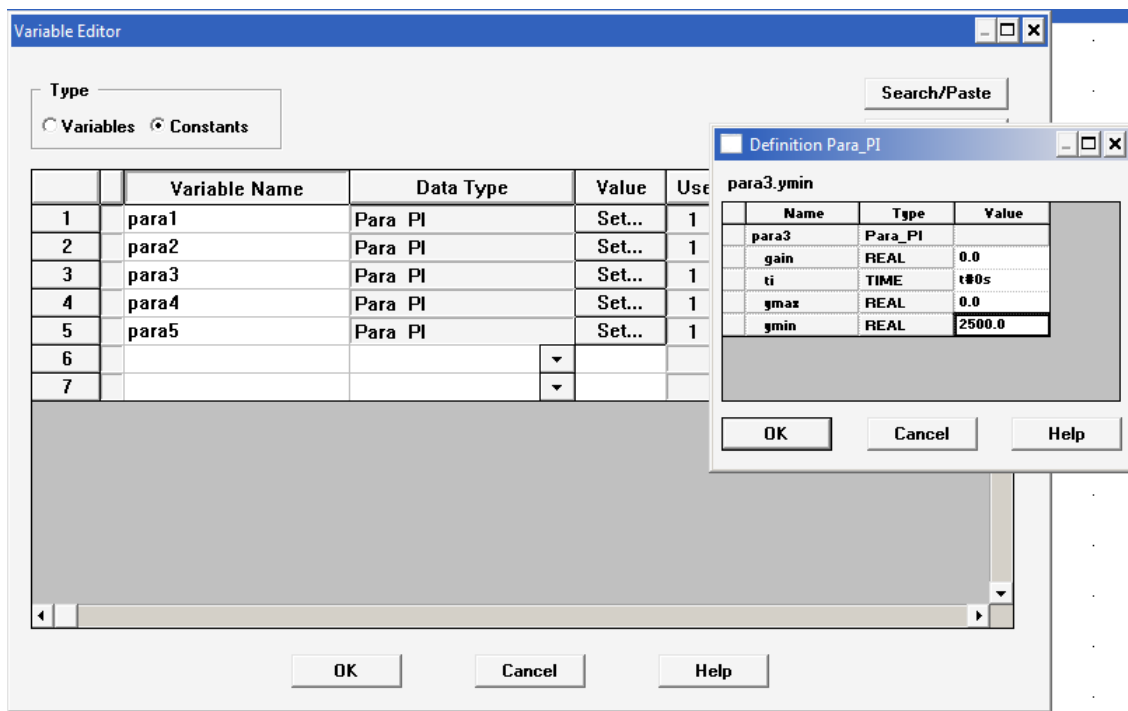



Рисунок 3.22 - Список констант та вікно конфігурування уставки

Таким чином, середовище Concept дозволяє наглядно представляти роботу технологічного устаткування.

3.4.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи.

Для розрахунку та вибору виконавчого механізму задано вихідні дані (табл.. 3.5), що наближені до умов реального виробництва

Таблиця 3.5 - Вихідні дані

Середовище	Макс. витра- чання	Надмірний тиск, початковий	Надмірний тиск, кінцевий	Абсолютна температура	Характеристи- ка мережі	Статична характерис- тика об'єкта
Природний газ	6 м ³ /год	8,0 кПа	7,2 кПа	423 К	Довжина прямих частин трубопроводу до та після РО відповідно 32 і 23 м. До РО – просте та складне коліно. Після РО – завороти на 90° угору на 9м та униз на 90° на 13м .	

Після цього вибирається ВМ:

Таблиця 3.7 - Вибір виконавчого механізму

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

Креслення принципової електричної схеми з'єднання ВМ з пускатчем ПБР-2 і дистанційним покажчиком положення ДУП вала ВМ наведено у додатку Б.

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління заданим технологічним процесом (агрегатом)

Функціональна схема автоматизації є основним проектним документом, який визначає структуру і рівень автоматизації технологічного процесу об'єкта. На функціональній схемі за допомогою умовних графічних позначень вказують технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади і засоби автоматизації та інше із зазначенням зв'язків між ними, таблиці умовних позначень і необхідних пояснень.

Функціональна схема автоматизації графічно поділяється на дві зони. У верхній частині креслення зображується технологічна схема, а в нижній креслять умовні графічні позначення, які умовно зображують: встановлення місцевих приладів, щитів, пультів, пунктів контролю та керування, керуючих машин тощо.

Технологічне устаткування і комунікація зображують на схемі, як правило, спрощено, без вказівки допоміжних пристроїв, на яких не встановлюються засоби автоматики. Проте, виконана таким чином технологічна схема повинна давати ясне уявлення про принцип роботи устаткування у взаємодії із засобами автоматизації.

На технологічних трубопроводах зазвичай показують ту регулюючу і відсічну арматуру, яка безпосередньо бере участь в контролі і управлінні процесом, а також ту, яка потрібна для визначення відносного розташування місць відбору імпульсів і пояснення необхідності вимірів.

Функціональна схема автоматизації приведена на окремому кресленні в графічній частині.

Основні контури функціональної схеми автоматизації наступні:

1. САК температури сталі. Вимір температури ведеться з трьох пірометрів Marathon MMLT(1a), Marathon MMLT (2a), Marathon MMLT (3a)

сигнал з яких відображається на приладах індикації та реєстрації Диск-250(16,26,36)

2. САР температури склепіння. Відбір сигналу проводиться за топкою біля борову термopарою ОВЕН ДТПС 021/1Э-0,5/Х(6а), індикація та реєстрація сигналу приладом Диск 250 (6Б). Керуючий сигнал поступає на контролер, а з контролера поступає на кулачковий перемикач ПМОФ22222 (6в), підсилюється пускачем ПБР-2М (6г) та який змінює положення виконавчого механізму встановленого в димоході МСО-100\25 (6д). Сигнал завдання реалізується програмно у контролері. З ВМ МСО-100\25 (6д) сигнал передається на показчик положення дистанції ДУП-М (6е).

3. САР тиску в робочому просторі. Відбір сигналу проводиться за топкою біля борову датчиком надлишкового тиску Метран-100ДИ (8а), індикація та реєстрація сигналу приладом Диск-250 (8б). З контролера керуючий сигнал поступає на кулачковий перемикач ПМОФ22222 (8в), з нього на пускач ПБР-2М(8г), а потім на ВМ МСО-100\25(8е) який змінює положення клапану. Сигнал завдання реалізується програмно у контролері. З ВМ (8е) сигнал передається на показчик положення дистанції ДУП-М(8ж)

4. САУ співвідношення газ/ повітря. Відбір сигналу витрати палива и повітря проводиться діафрагми ДКС-150 (11а,11д)та поступає на датчики реле тиску Метран РД (11б,11г). За допомоги приладів Диск-250 (11в, 11е) відбувається індикація та реєстрація на панелі керування. З контролера керуючий сигнал поступає на кулачковий перемикач ПМОФ22222 (11ж), з нього на пускач ПБР-2М(11з), а потім на ВМ МСО-100\25(11і) який змінює положення повітряного шибєру. Сигнал завдання реалізується програмно у контролері. З ВМ (11і) сигнал передається на показчик положення дистанції ДУП-М(11к)

5. САУ витрати кисню через продувочні фурми. Відбір сигналу витрати кисню на фурмах проводиться діафрагми ДКС-150(12а). За допомоги приладу Диск-250 (12в) відбувається індикація та реєстрація на панелі керування. З контролера керуючий сигнал поступає на кулачковий перемикач

ПМОФ22222(12г), з нього на пускач ПБР-2М(12д), а потім на ВМ МЄО-100\25(12е) який змінює положення кисневого шиберу. Сигнал завдання реалізується програмно у контролері. З ВМ (12е) сигнал передається на показчик положення дистанції ДУП-М(12ж)

6. САУ положення фурм. Відбір сигналу положення фурм проводиться з ВМ МЄО-100\25(15д) та поступає на датчик положення SMAT-8М(15а). За допомоги приладу Диск-250 (15б) відбувається індикація та реєстрація на панелі керування. З контролера керуючий сигнал поступає на кулачковий перемикач ПМОФ22222(15в), з нього на пускач ПБР-2М(15г), а потім на ВМ МЄО-100\25(15д) який змінює положення фурм. Сигнал завдання реалізується програмно у контролері. З ВМ МЄО-100\25 (15д) сигнал передається на показчик положення дистанції ДУП-М(15е).

Також в схемі передбачено:

1. САК температури димових газів. Сигнал надходить з термопари ТХАв-2088-04 (7а), індикація та реєстрація Диск-250 (7б)
2. САК хімічного складу димових газів вимірюється за допомогою газоаналізатора Xgard Тур – 1 – РНЗ(10а), також відбувається та індикація на приладі.
3. САК температури води. Вимір за допомогою термопари ТХАв-2088-01 (4а), індикація та реєстрація температури води Диск-250 (4б)
4. САК тиску води манометр. Вимір та індикація ДМ 2010 Сг 05 (9а).
5. САК температури регенераторів. Вимір за допомогою пірометрів ТЕРА-50(5а, 5б) та індикація Диск-250 (5в).
6. САУ реверсування вогню. Сигнал надходить з датчика реле контролю наявності полум'я ультрафіолетовий ПАРУС-003Ц-УФ(13а) та надходить до блоку контролю полум'я БКП-2Р (13б).
7. Схема сигналізації та блокувань на якій зображені комутаторні лампи КМ 24-90 (НЛ1-НЛ6), датчик положення SMAT-8М (15а) та сигнал який відображається на технологічному індикаторі Диск - 250 (15б).

4.2 Принципова електрична схема

Принципова схема автоматизації визначає повний склад складових частин виробу і зв'язків між ними, і дає детальне уявлення про принцип його роботи.

В принциповій схемі, виконаній рознесеним способом, кожний прилад чи апарат зображується розділеним на складові частини, які з'єднують лініями зв'язку. Електричні кола слід розміщувати відповідно до послідовності роботи окремих елементів в часі.

Кожен елемент, зображений на схемі, повинен мати літерно-цифрову позиційну позначку. Перелік елементів розташовують над основним написом схеми (не ближче 12 мм) або оформляють окремим документом. Принципова електрична схема, представлена на окремому кресленні в графічній частині проекту, визначає повний склад приладів, апаратури і пристроїв (а також зв'язку між ними), дія яких забезпечує рішення завдань керування й регулювання.

Принципова електрична схема підсистеми автоматизованого керування витратою повітря печі складена на підставі функціональної схеми автоматизації й технічних описів приладів й апаратури.

Принципова електрична схема виконана відповідно до вимог державних стандартів за правилами виконання схем, умовним графічним позначенням, маркуванню ланцюгів і буквено-цифрових позначень елементів схем.

Тому що до складу схеми входять пристрої, що мають самостійні принципові електричні схеми, та відповідно до рекомендацій РМ4-106-82 вони зображені умовно у вигляді прямокутників із вказівкою їхніх комутаційних елементів - клемних колодок і рознімачів. Для зручності читання принципової електричної схеми ланцюги позначені відповідно до їх функціональної приналежності, їм привласнена відповідним рекомендаціям

маркування: ланцюгам контролю й керування - 101-112; ланцюгам живлення - 801-810 .

Дана принципова схема спроектована так, щоб її експлуатація у виробничих умовах була гранично проста, вимагала мінімум витрат й уваги експлуатаційного персоналу, забезпечувала можливість проведення ремонтних і налагоджувальних робіт з дотриманням необхідних мір безпеки.

4.3 Монтажно-комутаційна схема щита КВП і А

Монтажні схеми — це креслення, що показують реальне розташування компонентів як усередині, так і зовні об'єкта, зображеного на схемі. Призначені для того, щоб можна було виготовити об'єкт. Ураховує розташування компонентів схеми й електричних зв'язків (електричних проводів і кабелів).

Щити систем автоматизації призначені для розміщення на них засобів контролю й керування технологічним процесом, контрольно-вимірювальних приладів, сигнальних пристроїв, апаратури керування, автоматичного регулювання, захисту, блокування, лінії зв'язку між ними.

Для комфортних умов експлуатації й безпечного обслуговування компоновка приладів на щиті виконана відповідно до ОСТ 36.13-76, ДСТУ 36.ЭД1.13-79. Прилади, що показують, розміщуються на висоті 1150-1900 мм, апаратури перемикачів й дистанційного керування на висоті 800 мм, групові зборки затискачів розташовані в нижній частині щита на висоті 400 мм від підлоги. Схема зовнішнього вигляду щита представлена на кресленні у графічній частині проекту.

Монтажно-комутаційні схема розробляється на основі принципової електричної схеми автоматичної системи керування, схеми зовнішніх з'єднань і розташування засобів автоматизації на щиті керування.

З'єднання первинних датчиків і приладів на щиті керування здійснюється через клемні колодки щита за винятком вимірювальних перетворювачів, які під'єднуються, минувши клемні колодки.

МКС представлена на кресленні в графічній частині проекту .

4.4 Принципова електрична схема живлення

Електрична принципова схема є видом електричної схеми виробу, що дає найповніше уявлення про склад і принцип його роботи. Цей вид креслення не враховує габаритних розмірів і реального розташування деталей об'єкта. За рівнем абстракції принципові електричні схеми займають середню позицію між функціональними і монтажними схемами.

На принциповій електричній схемі зображуються всі складові частини виробу і зв'язки між ними, та елементи, якими закінчуються вхідні та вихідні ланки електричних кіл (роз'єми, затискачі і т.п.).

У принциповій електричній схемі живлення дана система живлення електроенергією контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматики. При виконанні цієї схеми особлива увага приділялася питанню надійності системи й безперебійності електропостачання. Величину напруги й рід струму системи електроживлення контрольно-вимірювальних приладів, контролерів і інших пристроїв автоматики визначаємо по технічних умовах на відповідну апаратуру. Силу струмів плавких вставок запобіжників вибираємо з розрахунку захисту схеми електроживлення від струмів короткого замикання й від перевантаження. Принципова електрична схема живлення наведена в графічній частині проекту.

4.5 Зовнішній вигляд щита та вид на внутрішні панелі

Креслення загальних видів щитів, штативів і пультів розробляють на одиничні і складові щити. Під складовим розуміється щит, що утворюється в

результаті збірки під час монтажу на будівельному майданчику з одиничних щитів та за необхідності допоміжних.

Щити систем автоматизації призначені для розміщення на них засобів контролю та управління технологічним процесом, контрольно-вимірювальних приладів, сигнальних пристроїв, апаратури управління, автоматичного регулювання, захисту, блокування, лінії зв'язку між ними (трубна і електрична комутація). Щити автоматизації групи осередків встановлені в пірометричній групі.

У графічній частині наведено зовнішній вигляд щита КВП і А

На щиті панелі розташовані прилади для контролю та регулювання

Для цього обрані стандартні розміри щита 2200x600 мм.

4.6 Схема зовнішніх з'єднань у відповідності зі спец питанням

Електрична схема з'єднань — це електрична схема, що визначає конструктивне виконання електричних з'єднань елементів у виробі. На електричній схемі з'єднань наносять всі пристрої та елементи, які входять до складу виробу та їх з'єднання — проводи, джгути, кабелі, вхідні і вихідні елементи (з'єднувачі, затискачі, плати та ін.).

На схемі з'єднань, показують:

- пристрої — у вигляді прямокутників та спрощених зовнішніх обрисів;
- елементи — у вигляді умовних графічних познач, прямокутників або спрощених зовнішніх обрисів.

4.7 Структурна схема мартенівського процесу

Структурна схема — схема, яка визначає основні функціональні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначення. Під функціональною частиною розуміють складову частину схеми: елемент, пристрій, функціональну групу, функціональну ланку.

Структурна схема призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними. Із структурної схеми зрозуміло, навіщо потрібний даний пристрій і як він працює в основних режимах роботи, як взаємодіють його частини.

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Перелік дестабілізуючих факторів, які впливають на працездатність і надійність САР мартенівської печі

Головні обурення, які ускладнюють процес автоматизації є надмірний тиск робочого простору, склад продуктів згорання, температура купола, температура насадок регенератора.

Дестабілізуючі фактори надійності та працездатності САР можна умовно поділити на внутрішні і зовнішні. Внутрішні фактори обумовлені наявними дефектами, що виникають з конструктивних та технологічних причин і не підлягають прогнозуванню.

Найбільш загальною причиною зменшення надійності та працездатності є зміна параметрів САР під дією фізико-хімічних процесів, швидкість протікання яких пов'язана з кліматичними факторами (дія температури, теплові удари, вологість, розрідження повітря, пил, сонячна радіація, гідростатичний тиск), з механічними впливами (вібрації, удари, лінійні та центробіжні прискорення, шум і акустичні удари).

5.2 Розрахунки основних параметрів надійності та працездатності

5.2.1. Розрахунок параметрів наближеним методом

При цьому методі враховуються середньогрупові інтенсивності відмов елементів системи та досвід експлуатації аналогічних виробів.

Алгоритм розрахунку наступний:

- всі елементи системи розподіляються на групи з приблизно однаковими значеннями середніх інтенсивностей відмов (λ_{oi}) елементів (табл. А.1-А.8) та визначається кількість (n_i) цих елементів;

- розраховується добуток $\lambda_{oi} \cdot n_i$, який визначає долю відмов, що вносяться елементами даної групи у загальну інтенсивність відмов системи;

- розраховується сумарна інтенсивність відмов елементів системи (САР):

$$\Lambda'_{el} = K \sum_{i=1}^m \lambda_{oi} \cdot n_i \left[\frac{1}{200} \right], \quad (5.1)$$

$$\Lambda'_{el} = K \sum_{i=1}^m \lambda_{oi} \cdot n_i = 2,5 * 4,35 * 8 = 87 * 10^{-6} \left[\frac{1}{200} \right],$$

де K – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР (див. табл. 1.4),

λ_{oi} – середня інтенсивність відмов відповідної групи,

m – кількість груп,

n_i – кількість елементів у групі;

- розраховується сумарна інтенсивність відмов конструктивів та монтажних з'єднань:

$$\Lambda_{km} = K \sum_{i=1}^m \lambda_{oi} \cdot n_i \left[\frac{1}{200} \right], \quad (5.2)$$

$$\Lambda_{km} = K \sum_{i=1}^m \lambda_{oi} \cdot n_i = 2,5 * 0,01 * 19 * 1 = 0,475 * 10^{-6} \left[\frac{1}{200} \right],$$

де K – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР;

m – кількість груп конструктивів і монтажних з'єднань з однаковою інтенсивністю відмов,

λ_{oi} – середнє значення інтенсивностей відмов конструктивів та монтажних з'єднань в одній групі (табл. Б.1),

n_i – кількість конструктивів або монтажних з'єднань у відповідній групі;

- розраховується загальна сумарна інтенсивність відмов всієї системи автоматичного регулювання (САР): $\left[\frac{1}{200} \right]$,

розраховується загальна інтенсивність відмов:

$$\Lambda''_{zag} = \Lambda''_{el} + \Lambda_{km} \left[\frac{1}{200} \right]; \quad (5.3)$$

$$\Lambda''_{заг} = \Lambda''_{ел} + \Lambda_{км} = 87 \cdot 10^{-6} + 0,475 \cdot 10^{-6} = 87,475 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{год} \right]$$

- розраховується наробіток на відмову:

$$T'_0 = \frac{1}{\Lambda'_{заг}} \quad [год.]; \quad (5.4)$$

$$T'_0 = \frac{1}{\Lambda'_{заг}} \equiv \frac{1}{87,475} = 0,01143 [год.]$$

- розраховується імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P'(t) = e^{-\Lambda'_{заг} t} = e^{-\frac{t}{T'_0}}; \quad (0 \leq t \leq T'_0) \quad (5.5)$$

$$P'(t) = e^{-87,475 t}$$

Результати розрахунків занести у табл. 5.1, табл. 5.2 та табл.5.3

Таблиця 5.1 - Дані та результати розрахунків параметрів надійності
наближеним методом для елементів

№ групи	Найменування та типи елементів	Позиційне позначення елемента за схемою	Кількість елементів у групі, n_i , шт.	Значення інтенсивності відмов у групі, $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, 1/год.	$\lambda_{oi} \cdot n_i$, 1/год.
Всього:	Датчик температури	1а	8	8	$0,5 \cdot 10^{-6}$
	Вторинний прилад	1б			$0,4 \cdot 10^{-6}$
	Регулятор	1в			$0,3 \cdot 10^{-6}$
	Ручний задатчик	1г			$0,2 \cdot 10^{-6}$
	Перемикач	1д			$0,05 \cdot 8 \cdot 10^{-6}$
	Пускач	1ж			$1,3 \cdot 10^{-6}$
	МЕО	1з			$1,2 \cdot 10^{-6}$
	ДУП	1і			$0,05 \cdot 10^{-6}$
Узагальнений коефіцієнт, К	2,5				
Сумарна інтенсивність відмов, $\Lambda'_{ел}$, 1/год.					$87 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 5.2 - Дані та результати розрахунків, які враховують особливості конструкції та монтажу

№ групи	Найменування конструктивів та монтажу	Кількість об'єктів у групі, n_i , шт.	Середнє значення інтенсивності відмов у групі, $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, 1/год.	$\lambda_{oi} \cdot n_i$, 1/год.
Сумарна інтенсивність відмов, $\Lambda'_{км}$, (1/год.)				$0,475 \cdot 10^{-6}$
Загальна інтенсивність відмов, $\Lambda'_{заг}$, (1/год.)				$87,47510^{-6}$
Наробіток на відмову, T'_0 (год.)				0,01143

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

t год	0	$0,5T'$	T'_0	$1,5T'_0$	$2T'_0$	$2,5T'_0$	$3T'_0$	$3,5T'_0$	$4T'_0$
P' (t)	1	1,0046E	1,00921E	1,01385E	1,01851E	1,02319E	1,0279E	1,0326E	1,0374E

На рис. 5.1 наведено графік, який показує зменшення надійності системи при розрахунку наближеним методом.

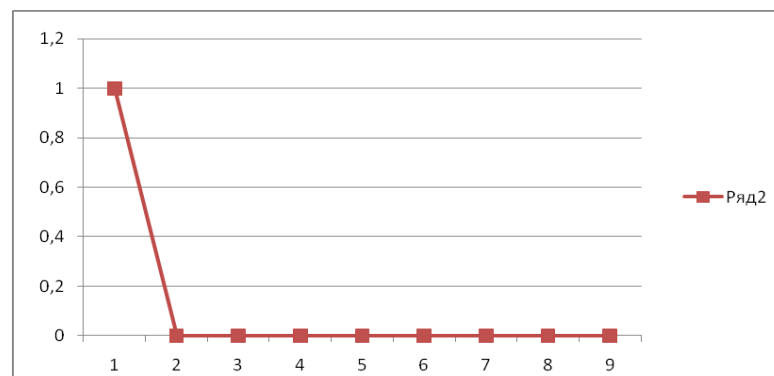


Рисунок 5.1 - Графік 1

5.2.2 Розрахунок параметрів надійності з урахуванням режимів роботи елементів та впливом дестабілізуючих факторів (повний або уточнений розрахунок)

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

Алгоритм розрахунку:

- визначається кількість груп елементів (m) системи та кількість елементів у кожній групі (n_j), які мають однакові коефіцієнти навантаження K_n та однакові інтенсивності відмов (див. табл. 5.2 та табл. А.1 – А.8);
- згідно коефіцієнтам навантаження та максимальній температурі визначаються поправні коефіцієнти α_j (див. табл. 5.3).
- розраховується сумарна інтенсивність відмов з урахуванням електричного навантаження та температури нагріву для кожної групи елементів:

$$\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j \left[\frac{1}{200} \right]; \quad (5.6)$$

$$n_j = 1,$$

$$\alpha_j = 0,85,$$

$$\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j = 0,85 * 1 = 0,85 \left[\frac{1}{200} \right];$$

$$\alpha_j = 0,2,$$

$$\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j = 0,2 * 1 = 0,2 \left[\frac{1}{200} \right];$$

$$\alpha_j = 0,35,$$

$$\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j = 0,35 * 1 = 0,35 \left[\frac{1}{200} \right];$$

$$\alpha_j=0,1,$$

$$\lambda_{0j} \cdot n_j \alpha_j=0,1*1=0,1 \left[\frac{1}{z0\partial} \right];$$

$$\alpha_j=0,2,$$

$$\lambda_{0j} \cdot n_j \alpha_j=0,2*1=0,2 \left[\frac{1}{z0\partial} \right];$$

$$\alpha_j=0,63,$$

$$\lambda_{0j} \cdot n_j \alpha_j=0,63*1=0,63 \left[\frac{1}{z0\partial} \right];$$

$$\alpha_j=0,72,$$

$$\lambda_{0j} \cdot n_j \alpha_j=0,72*1=0,72 \left[\frac{1}{z0\partial} \right];$$

$$\alpha_j=0,43,$$

$$\lambda_{0j} \cdot n_j \alpha_j=0,43*1=0,43 \left[\frac{1}{z0\partial} \right];$$

- вибираються поправні коефіцієнти $K_{\lambda 1}; K_{\lambda 2}; K_{\lambda 3}$ (див. табл. 5.6- 5.8), які визначаються умовами експлуатації та технічними параметрами САР;

- розраховується комплексний поправний коефіцієнт:

$$K_{\lambda 1}=1,04,$$

$$K_{\lambda 2}=1,$$

$$K_{\lambda 3}=1,2,$$

$$K_{\lambda} = K_{\lambda 1} \cdot K_{\lambda 2} \cdot K_{\lambda 3}; \quad (5.7)$$

$$K_{\lambda} = K_{\lambda 1} \cdot K_{\lambda 2} \cdot K_{\lambda 3}=1,04*1*1,2=1,248.$$

- розраховується сумарна інтенсивність відмов елементів САР з урахуванням поправних коефіцієнтів:

$$\Lambda''_{er} = K \cdot K_{\lambda} \cdot \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} \cdot \alpha_j \cdot n_j \left[\frac{1}{z0\partial} \right]; \quad (5.8)$$

$$\Lambda''_{el} = K \cdot K_{\lambda} \cdot \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} \cdot \alpha_j \cdot n_j = 2,5 * 1,248 * 2,0352 = 6,349824 \left[\frac{1}{год} \right];$$

- розраховується загальна інтенсивність відмов:

-

$$\Lambda''_{zag} = \Lambda''_{el} + \Lambda_{км} \left[\frac{1}{год} \right]; \quad (5.9)$$

$$\Lambda''_{zag} = \Lambda''_{el} + \Lambda_{км} = 6,3498 + 0,475 = 6,824824 \left[\frac{1}{год} \right];$$

- розраховується наробіток на відмову:

$$T_0'' = \frac{1}{\Lambda''_{zag}} \quad [год]; \quad (5.10)$$

$$T_0'' = \frac{1}{\Lambda''_{zag}} = \frac{1}{6,824824} = 0,1465 \quad [год];$$

- розраховується імовірність безвідмовної роботи САР:

-

$$P''(t) = e^{-\Lambda''_{zag} \cdot t} = e^{-\frac{t}{T_0''}} \quad (0 \leq t \leq 3T_0''). \quad (5.11)$$

Результати розрахунків занести у табл. 5.4 і табл. 5.5

Таблиця 5.4 - Дані та результати розрахунків параметрів надійності уточненим (повним) методом

Комплексний поправний коефіцієнт, K_{λ}	1,248
Сумарна інтенсивність відмов елементів, Λ''_{el} , 1/год	6,3498
Загальна інтенсивність відмов, Λ''_{zag} , 1/год	6,8248
Наробіток на відмову, T_0'' , год	0,1465

Таблиця 5.5 - Дані для побудування графіку залежності $P''(t)$

t, год	0	$0,5 \cdot T_0''$	T_0''	$1,5 \cdot T_0''$	$2 \cdot T_0''$	$2,5 \cdot T_0''$	$3 \cdot T_0''$	$3,5 \cdot T_0''$	$4 \cdot T_0''$
$P''(t)$	1	0,0329	0,001	3,57519	1,1777	3,88E-	1,2782	4,210	1,3871
		43	0	E	8	08	E	7	7

На рис. 5.2 наведено графік зміни надійності системи при розрахунку уточненим методом

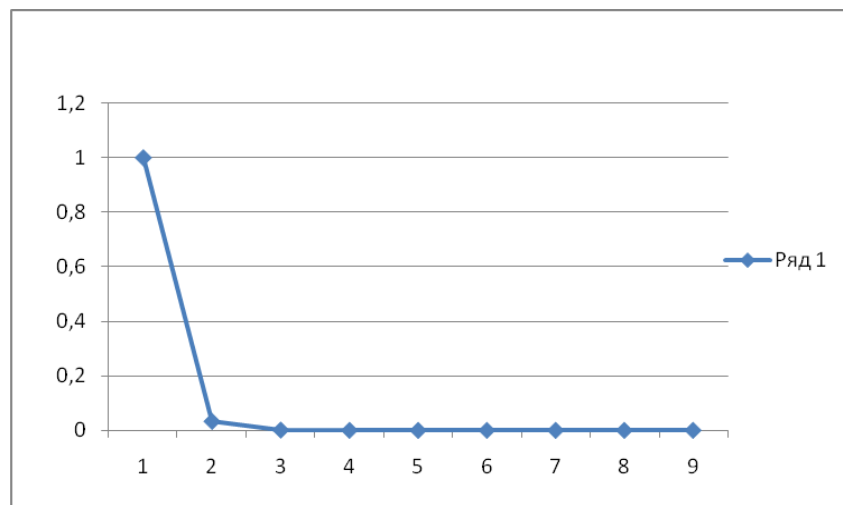


Рисунок 5.2 - Графік 2

Гарантійний термін роботи САР:

$$T_{\Gamma} = \frac{T_0}{(4 \div 8) K_{\text{дн}} \cdot M} [\text{год.}], \quad (5.12)$$

$$T_{\Gamma} = \frac{061465}{24 * 28 \cdot 1162} = 1,91427 [\text{год.}],$$

де 24 - середня кількість годин роботи САР на протязі доби

$K_{\text{дн}} = 28$ – кількість днів роботи в місяць;

$M = 11,2$ - кількість місяців роботи за рік.

Середнє значення тривалості відновлення САР, якщо потрібне повне відновлення:

$$T_B = \sum_{j=1}^q T_{Bj} \cdot m_j \text{ [год.]}, \quad (5.13)$$

$$T_B = \sum_{j=1}^q 1,6 + 2,4 + 2,4 + 1,6 + 2,4 + 2,4 + 3,2 + 2,4 = 18,4 \text{ [год.]},$$

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

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

$m_j = 8$ – кількість елементів у групі.

Дані для розрахунку занести у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 - Дані для розрахунку тривалості відновлення

№ групи	Найменування та типи елементів	Середнє значення тривал. відновл. T_{Bj} , год	Кількість елементів у групі, m_j
1	Датчик температури	$T_{B1}=0,2$	8
	Вторинний прилад	$T_{B2}=0,3$	
	Регулятор	$T_{B3}=0,3$	
	Ручний задатчик	$T_{B4}=0,2$	
	Перемикач	$T_{B5}=0,3$	
	Пускач	$T_{B6}=0,3$	
	МЭО	$T_{B7}=0,4$	
	ДУП	$T_{B8}=0,3$	

Коефіцієнт готовності:

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + \Lambda_{\text{зар.}} \cdot T_B}; \quad (5.14)$$

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + 6,8248 \cdot 18,4} = 0,0079.$$

За результатами розрахунку проведено аналітичний аналіз та порівняння параметрів надійності і працездатності, що розраховані наближеним та повним методами.

Визначено гарантійний термін роботи САР, яка складає 2 роки.

6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Замовлена специфікація на прилади й засоби автоматизації є підсумковим документом, що поєднує інформацію про потреби в устаткуванні, матеріалах - трубної й кабельної продукції, стандартних конструкціях, - механічних частинах запроектованих систем. Специфікація складається з уніфікованої форми й надається у відділ устаткування металургійного підприємства для комплектації проекту. Замовлена специфікація на засоби автоматизації наведена в додатку В.

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи засобів виміру, засобів автоматизації, контролю і регулювання на металургійному заводі функціонують спеціальні служби, які виконують свою роботу, підкоряючись адміністрації заводу по певній структурі управління. Завдання спеціальної служби залежать від структури управління заводом, від числа і типів встановлених засобів виміру і засобів автоматизації, від обсягу виробництва продукції і так далі.

Згідно з вимогами організаційних принципів на металургійному заводі існує служба автоматизації і механізації, завданням якої є впровадження і забезпечення надійної і безперебійної роботи засобів і систем автоматизації, механізації і вимірювальної техніки (включаючи обчислювальну техніку). Мета служби - підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, розширення об'єму вироблюваної продукції, ліквідації важкої фізичної праці і поліпшення умов праці людей що працюють, широкого вживання автоматичних пристроїв, безпеки роботи персоналу.

Положення про службу автоматизації і механізації, розробляється і затверджується керівництвом заводу, зважаючи на свою специфіку. Відповідно робота служби здійснюється за планом автоматизації і механізації заводу з обліком, завдань, поставлених заводом і вищестоящими організаціями.

Цех КВП і А є невід'ємною складовою для нормального протікання виробничого процесу. У мартенівському цеху служба КВП і А забезпечує нормальне функціонування засобів виміру (ЗВ) і автоматизації (ЗА). Крім того ця служба, по можливості, упроваджує і розробляє нове устаткування,

приладів, засобів виміру. Організаційна схема мартенівського цеху представлена на рисунку 7.1

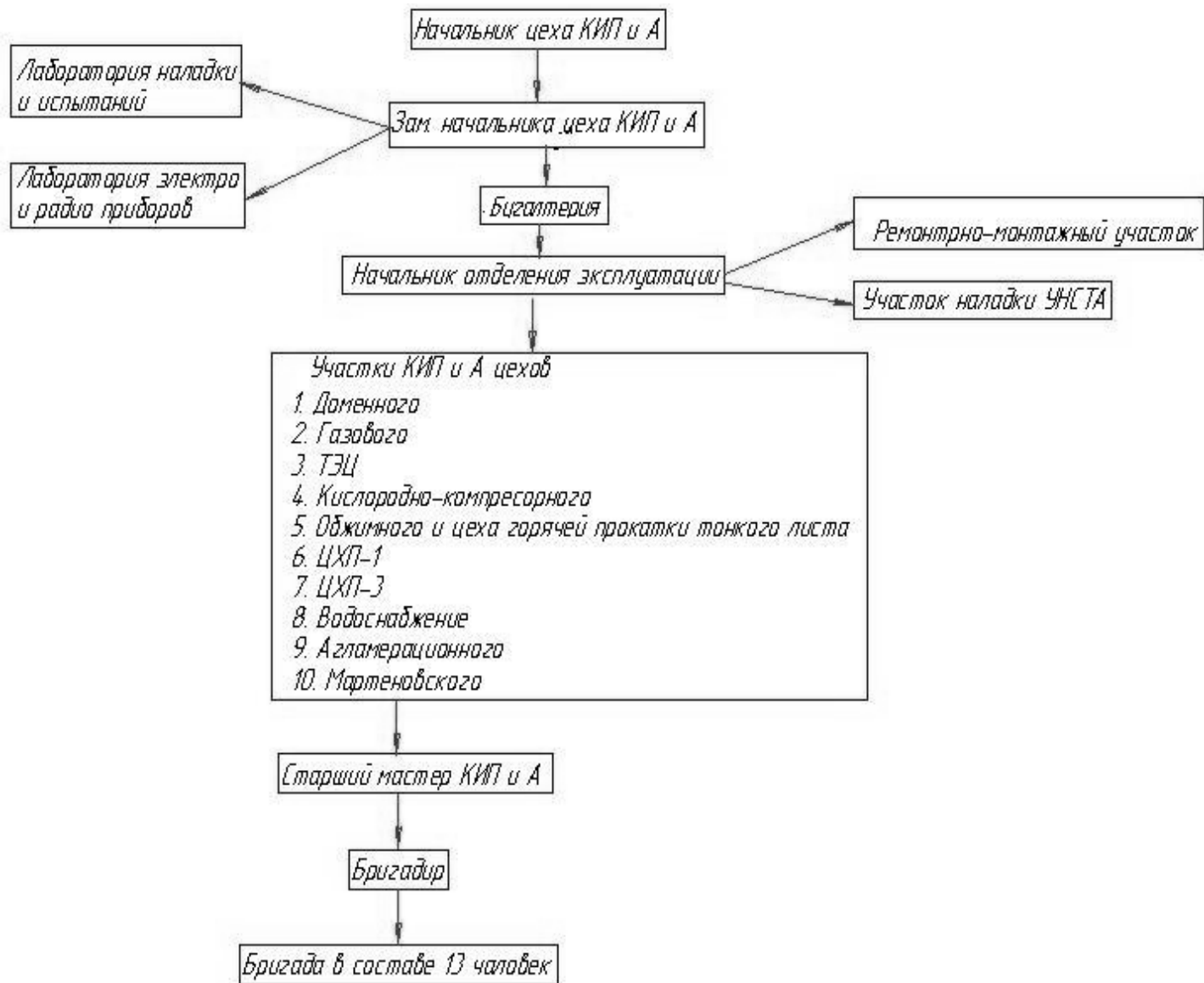


Рисунок 7.1 - Організаційна структура управління службою КВПіА

Мартенівське виробництво є непередбаченим в плані протікання процесу плавки сталі в результаті непередбачених впливів усередині печі, а також реакцій і дій зовнішнього середовища. Тому контроль і регулювання процесів в печі є дуже важливим для запобігання браку, і поліпшення якості. Служба КВП і А значно покращує результат виробленої продукції.

Без засобів автоматизації і вимірів неможливо досягти високої продуктивності і техніко-економічних показників. Тому наявність служби автоматизації необхідна і доцільно. Цех КВП і А є самостійним структурним підрозділом заводу.

Масове використання мікропроцесорів і локальних систем з МІКРО-ЕВМ привело до якісних змін структури АСК ТП – переходу до систем супервізорного управління.

У структурній схемі представлено управління АСК мартенівської печі яке відображує основні служби, але не показує допоміжні.

Умовно можна виділити два рівні управління:

– верхній рівень. До нього можна віднести начальника цеху і його заступників, службу АСУ ТП і ремонтно-механічну службу, до нього також можна віднести начальника зміни, майстра печей і старшого майстра КВП і А;

– нижній рівень. До нього можна віднести сталевара, підручного сталевара і слюсаря КВП і А.

Для обслуговування системи необхідні наступні співробітники: начальник відділення експлуатації цеху (п'ятиденний графік в першу зміну), старший майстер КВП і А мартенівського цеху (основний робочий графік), бригадир (3-х змінний почерговий робочий графік), а також бригада у складі 13 чоловік (3-х змінний почерговий робочий графік, 4 бригади). Враховуючи всіх задіяних людей в системі, для обслуговування системи необхідно 16 чоловік (у одній зміні).

Система оплати почасово – преміальна.

Баланс робочого часу - показник використання робочого часу одним середньооблікового робітника протягом року.

Вихідні дані для складання балансу робочого часу

Дані за рік занесені у табл.7.1.

Таблиця 7.1 - Річні дані балансу робочого часу

Кількість календарних днів	365
Кількість вихідних днів	$365/4=91,25$
Кількість святкових днів	10
Номінальний фонд часу (дні)	273,75
Неявка по поважних причинах	33,75
Ефективний фонд часу	24

Дані для розрахунків балансу робочого часу на плановий період:

Кількість календарних, вихідних і святкових днів визначається по календарю року виконання контрольної роботи:

2 % працюючих мають тривалість відпустки 60 днів

86 % працюючих мають тривалість відпустки 40 днів

12 % працюючих мають тривалість відпустки 24 дня

Частка працюючих жінок у загальній чисельності - 30 %.

Всього в цеху 900 робітників.

Розрахунки:

Число календарних днів у році: 2015 - 365 днів,

Номінальний фонд робочого часу в днях: 2015 рік: $365 - 91,25=273,75$

днів.

Чергові й додаткові відпустки, пов'язані з характером роботи 2012 року:

60 календарних днів $(2\%*900)/100\%=18$ чол;

40 календарних днів $(86\%*900)/100\%=774$ чол;

24 календарних дня $(12\%*900)/100=108$ чол.

Разом:

$60*18+40*774+24*108=1080+30960+2592=34632$ (чергові відпустки).

На одного робітника:

$34632/900=38,48$.

У мартенівському цеху середня заробітна плата:

Чоловіки-6-7,5 тис. грн;

Жінки-3,2-6 тис.грн.

7.2 Розрахунок техніко-економічних показників

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

Зміст техніко-економічного обґрунтування АСУ полягає в наступному:

1. Розрахувати і проаналізувати за окремими статтями витрати, необхідні для створення чи розвитку АСУ;
2. Зіставити витрати на створення і функціонування АСУ з результатами, отриманими при її впровадженні;
3. На основі розрахунків техніко-економічних показників, що характеризують результати функціонування створюваної АСУ, і порівнюючи їх із зіставними показниками варіанту, обраного за базу для порівняння (аналога), дати кількісну та якісну оцінку економічної доцільності створення або розвитку АС.

Основними факторами, що визначають економічну ефективність АСУ,

1. Збільшення випуску продукції і підвищення її якості за рахунок більш раціонального використання виробничих потужностей, сировини, матеріалів, палива та трудових ресурсів;
2. Підвищення продуктивності праці виробничих робітників, внаслідок скорочення втрат робочого часу і простоїв обладнання.

Основною умовою при визначенні економічної ефективності АСУ є зіставність усіх показників:

- в часі;

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

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

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

7.2.1 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ

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

$$K^A = K_{II}^A + K_K^A = 301251 + 296422 = 597673 \text{ грн.} \quad (7.1)$$

де K_{II}^A - довиробничі витрати, грн.;

K_K^A - капітальні витрати, грн.

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховуються за формулою:

$$K_{II}^A = K_{II}^{AP} + K_{II}^{AO} + K_{II}^{AO} \quad (7.2)$$

де K_{II}^{AP} - витрати на проектування АСУ, грн.;

K_{II}^{AO} - витрати на розробку програмного забезпечення, грн.;

K_{II}^{AO} - витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ), грн.

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$K_K^A = K_{КТЗ}^A + K_{МОНТ}^A - K_{ВЫСВ}^A = 268321 + 17023 + 11078 = 296422 \text{ грн.} \quad (3.3)$$

де $K_{КТЗ}^A$ - кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн.;

$K_{МОНТ}^A$ - витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн. (10% від вартості КТЗ);

$K_{ВЫСВ}^A$ - кошторисна вартість технічних засобів, вивільнених у результаті впровадження АСУ, грн.

7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ

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

$$\begin{aligned} Z_{ЭКСП} &= Z_{ЗП} + Z_{ЭЛ} + Z_A + Z_{МАТ} + Z_{РЕМ} = \\ &= 91123 + 42570 + 29081 + 5366 + 18782 = 186922 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (7.4)$$

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

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

Z_A - річна сума амортизаційних відрахувань, грн.;

$Z_{МАТ}$ - річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ (2% от стоимости КТЗ), грн.;

$Z_{РЕМ}$ - річна вартість ремонту обладнання (7% від вартості КТЗ), грн.

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

Річна вартість електроенергії, споживаної АСУ, визначається за формулою:

$$Z_{эл} = W \cdot T_{эф} \cdot Цэ = 6 \cdot 16500 \cdot 0,43 = 42570 \text{ грн.} \quad (7.5)$$

де W - встановлена потужність КТЗ, кВт;

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

$Цэ$ - вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$Z_A = \frac{K_K^A \cdot H_A}{100} = \frac{296422 \cdot 10}{1000} = 29642 \text{ грн.} \quad (7.6)$$

де H_A - норма амортизації, % (10%).

7.3 Розрахунок собівартості продукції після впровадження АСУ

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

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

$$C_M^A = C_M^B \cdot \gamma \cdot \left(\frac{100 - \beta_M}{100} \right) \quad (7.7)$$

$$\gamma = \frac{100 + \gamma_1}{100} = \frac{100 + 15}{100} = 1,15 \quad (7.8)$$

де C_M^B - витрати на сировину і матеріали до впровадження АСУ, грн.;

γ - індекс об'єму виробництва;

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

β_M - процент можливого скорочення витрат сировини і матеріалів після впровадження АСУ (розраховується прямим розрахунком за окремими матеріалами), %.

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

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

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

$$C_T^A = C_T^B \cdot \gamma \cdot \left(\frac{100 - \beta_T}{100} \right) = 285173 \cdot 1.15 \cdot \left[\frac{100 - 10}{100} \right] = 295154 \text{ грн.} \quad (7.9)$$

де C_T^B - витрати на паливо і енергію до впровадження АСУ, грн.;

β_T - процент можливого скорочення витрат палива і енергії після впровадження АСУ (розраховується прямим розрахунком по окремих статтях), 10%.

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

$$C_{ЗП}^A = C_{ЗП}^B \cdot [1 + \alpha \cdot (\gamma - 1)] = 83121 \cdot (1 + 0.2 \cdot (1.15 - 1)) = 85615 \text{ грн.} \quad (7.10)$$

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 (приймається рівним співвідношенню, що існує на підприємстві до впровадження АСУ).

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

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання після впровадження АСУ ($C_{ОБ}^A$) визначаються за формулою:

$$C_{ОБ}^A = C_{ОБ.ПЕР.}^B \cdot \gamma + C_{ОБ.ПОСТ.}^B = 17525 \cdot 1,15 + 20321 = 40475 \text{ грн.} \quad (7.11)$$

де $C_{ОБ.ПЕР.}^B$ і $C_{ОБ.ПОСТ.}^B$ - відповідно умовно-змінна і умовно-постійна частина витрат на утримання та експлуатацію обладнання до впровадження АСУ, руб.

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

$$C_{Ц}^A = C_{Ц}^B \cdot [1 + (\gamma - 1) \cdot D_{Ц}] = 31426 \cdot (1 + (1,15 - 1) \cdot 0,4) = 33312 \text{ грн.} \quad (7.12)$$

де $C_{Ц}^B$ - цехові витрати до впровадження АСУ, грн.;

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

Загальнозаводські витрати після впровадження АСУ ($C_{ОБЩ}^A$) визначаються за формулою:

$$C_{ОБЩ}^A = C_{ОБЩ}^B \cdot [1 + (\gamma - 1) \cdot D_3] = 391807(1 + (1,15 - 1) \cdot 0,3) = 409438 \text{ грн.} \quad (7.13)$$

де $C_{ОБЩ}^B$ - загальнозаводські витрати до впровадження АСУ, грн.;

D_3 - коефіцієнт залежності приросту загальнозаводських витрат приросту обсягу виробництва (0,3).

Позавиробничі витрати ($C_{ВН}^A$) змінюються пропорційно росту обсягу виробництва і розраховуються за формулою:

$$C_{ВН}^A = C_{ВН}^B \cdot \gamma = 23408 \cdot 1,15 = 26919 \text{ грн.} \quad (7.14)$$

де $C_{ВН}^B$ - позавиробничі витрати до впровадження АСУ, грн.

Собівартість річного випуску продукції після впровадження АСУ (C^A) складає:

$$C^A = C_M^A + C_T^A + C_{ЗП}^A + C_{ОБ}^A + C_{Ц}^A + C_{ОБЩ}^A + C_{ВН}^A + З_{ЭКСП} \quad (7.15)$$

$$C^A = 295154 + 85615 + 40475 + 33312 + \\ + 409438 + 26919 + 186922 = 10778735 \text{ грн}$$

7.4 Розрахунок показників економічної ефективності АСУ

Основними показниками економічної ефективності АСУ є:

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

Річний приріст прибутку ($\mathcal{E}_{\text{ГОД}}$) визначаються за формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{ГОД}} = \frac{B^A - B^B}{B^B} \cdot \Pi^B + (C^B - C^A) \cdot B^A \quad (7.16)$$

де B^B и B^A - річний випуск продукції до і після впровадження АСУ, грн.

($B^A = B^B \cdot \gamma$);

C^B , C^A - витрати на гривню реалізованої продукції до і після впровадження АСУ, грн.;

Π^B – прибуток від реалізації продукції до впровадження АСУ, грн.

$$\mathcal{E}_{\text{ГОД}} = \frac{434285 - 429311}{429311} \cdot 23851230 + (45,01 - 44,63) \cdot 434285 = 441368 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект (\mathcal{E}) визначається за формулою:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{ГОД}} - E_H \cdot K^A = 441368 - 0,15 \cdot 597673 = 351717 \text{ грн.} \quad (2.17)$$

де E_H - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (0,15).

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

$$E_P = \frac{\mathcal{E}_{ГОД}}{K^A} = \frac{434285}{597673} = 0,73 \quad (7.18)$$

Якщо $E_P \geq E_H$, то впровадження даної АСУ ефективно.

Термін окупності витрат (Т) визначається за формулою:

$$T = \frac{K^A}{\mathcal{E}_{ГОД}} = \frac{597673}{434285} = 1,37 \quad (7.19)$$

Результати розрахунку економічної ефективності зведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Результати розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Од.вим.	Значення показника	
		До впровадження АСУ	Після впровадження АСУ
1. Річний обсяг реалізованої продукції	грн.	429311	434285
2. Собівартість річного випуску продукції	грн.	45,01	44,63
3. Одноразові витрати на створення АС, в тому числі:	грн.	597673	
• До виробничі витрати	грн.	301251	
• Капітальні витрати	грн.	296422	
4. Річний приріст прибутку	грн.	441368	
5. Річний економічний ефект	грн.	351717	
6. Розрахунковий коефіцієнт	%	0,73	
7. Строк окупності капітальних вкладень	рік	1,37	

За результатами проведених розрахунків за рахунок економії витрати палива приводить до річного економічного ефекту у розмірі до 352 тис. грн.

Одноразові капітальні вкладення складають 597673 грн., а строк окупності проекту 1,37 року.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

8.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

На працівників мартенівського цеху негативно впливають фізичні шкідливі фактори, до яких відносять:

- підвищена запиленість в робочій зоні, що обумовлена технологічним режимом виплавки сталі. Пил, до складу якого входить кристалічний діоксид кремнію, викликає типове захворювання – силікоз;

- підвищений рівень шуму (92 дБА), обумовлений постійним рухом поїздів, які подають скраб для машини завалення, а також машині самого завалення. Сам процес горіння топлива викликає поява низькочастотного звуку;

- підвищений рівень вібрації, обумовлений постійним рухом чугуновозів, шлаковозів;

- підвищена напруга живлення електроустаткування, яка необхідна для забезпечення освітленості робочого місця, а також для приведення виконавчих механізмів в рух;

- підвищений рівень теплового випромінювання (2900 Вт/м^2), обумовленого частково відкритим процесом горіння і плавки сталі в печі;

- недолік природного світла, викликаний конструктивною особливістю мартенівського цеху.

В атмосферу цеху поступають шкідливі гази загальнотоксичної (CO - $10,000 \text{ мг/м}^3$) та подразнюючої дії (NO_2 - $5,000 \text{ мг/м}^3$, SO_2 - 17000 мг/м^3).

Оксид вуглецю (CO) – здатний надавати безпосередню токсичну дію на клітки, порушуючи тканинне дихання і зменшуючи вжиток тканинами O_2 .

Шкідлива дія NO_2 характерна вираженою дратівливою і пропалюючою дією на дихальні шляхи, що приводить до розвитку токсичного набряку

легенів; пригноблює аеробне і стимулює анаеробне окислення в легеневій тканині. Сірчистий газ (SO_2) може потрапляти в організм через дихальні шляхи під час спалювання палива. У легких випадках отруєння з'являються кашель, нежить, сльозотеча, відчуття сухості в горлі, осипла біль в грудях. Тривала дія SO_2 може викликати хронічне отруєння.

До небезпечних факторів у мартенівському цеху відноситься:

- підвищена температура в робочій зоні, викликана процесами горіння і окислення вуглецю та горіння палива в мартенівській печі;
- відкриті частини устаткування, що обертаються і рухомі;
- підвищена яскравість обумовлена факелами вогню, що вибиваються з під вікон завалень, а також яскравим світінням розплавленої сталі.

До психофізичних шкідливих і небезпечних чинників, що впливають на робочих цеху, протягом робочої зміни можна віднести наступні:

- нервово – емоційні перевантаження – для всіх робітників;
- фізичні перевантаження – для слюсарів КВП і А;
- розумова напруга – для сталеварів.

Фактичний стан умов праці оцінюється на основі даних атестації робочих місць або спеціальних інструментальних вимірів рівнів факторів виробничого середовища, які відбиваються у карті умов праці на робочому місці. Оцінка факторів виробництва для робочого місця сталевара наведено в табл. 8.1.

Ступінь шкідливості факторів виробничого середовища й важкості робіт оцінюється в балах за критеріями, наведеними у Гігієнічній класифікації праці № 4137-86. По оцінках умов праці й характеру праці на робочому місці сталевара відноситься до III класу 3 ступеня важкості.

Робоче місце має в наявності 3 фактори 1 ступеня, 2 фактора 2 ступеня й 3 фактора 3 ступеня. По показниках робоче місце слід вважати особливо шкідливими й особливо небезпечними умовами праці, що відповідає показникам Списку №1 п.1[44].

Таблиця 8.1 - Оцінка чинників виробничого і трудового процесу

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну %
			I ступінь	II ступінь	III ступінь	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ Сірчистий газ SO ₂ Окис вуглецю CO Оксиди азоту NO ₂	10,000 20,000 2,000	17,000 110,000 5,000	1,7		5,5 2,5	91,2 91,2 91,2
Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³ Кремнію діоксид кристалічний (граніт, шамот, слюда, сирець, вуглецева пил) при вмісті в пилу від 10 до 70 %	4,000	65,200			16,3	93,1
Шум, дБА	80	92		12		
Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	2900			2900	93,1
Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °C - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря % -	18-20 0,2-0,4 14-55	43 0,33 31			13	91,3 91,3 91,3

8.2 Заходи з поліпшення умов праці

В мартенівському цеху використовуються наступні основні засоби безпеки:

Для пересування обслуговуючого персоналу передбачені поручні. Серед пристроїв переміщення персоналу передбачені пішохідні тротуари, перехідні мости.

Для запобігання попаданню людей під рухомі поїзди, дороги захищені спеціальними щитами.

Кожен споживач або група споживачів обладнані приладами для виміру тиску і светозвукової сигналізацією падіння тиску газу і повітря.

Для постійного контролю за тиском (розрядженням) в робочому просторі газоспоживаючого агрегату встановлюються відповідні прилади.

На ділянці виплавки сталі застосовується попереджувальна сигналізація (світлова і звукова), яка сигналізує про зміну тиску газу і повітря в газо- і повітропроводах; про зміну розрідження димових газів, що відходять, до борову; про перевищення заданої температури вище за норму. Для запобігання виплеску рідкої сталі за межі мартенівської печі використовуються заслінки. При перевищенні або пониженні тиску газу в газовому трубопроводі або пониженні тиску повітря в повітряному трубопроводі норми відбувається відсічення газу і повітря, а також при перевищенні температури заданої відмітки.

У мартенівському цеху рівень шуму дорівнює 92 дБ -підвищений рівень шуму на робочому місці - категорія ризику II.

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

- зниження інтенсивності вібрацій випромінюючих шум, деталей агрегатів за допомогою облицювання їх поверхонь вібропоглинаючими матеріалами;

- зменшення зазорів в зчленованих деталях і усунення неправильного їх зчленування (перекосів і тому подібне);

Крім того, для захисту від шуму використовується:

- акустична обробка приміщень для постів КВП і А - розміщення на внутрішніх поверхнях приміщення звукопоглинальних облицювань, установка в приміщенні штучних звукопоглиначей.

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

До засобів індивідуального захисту (протишумам) відносять вкладиші, беруши серії 1270.

Зменшення вібрації досягають конструктивними і технологічними заходами:

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

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

- вібродемпфування - використання конструкційних матеріалів з великим внутрішнім тертям;

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

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

Скорочення пилових викидів в атмосферу цеху досягається дотриманням оптимальних газодинамічних параметрів роботи печі, усуненням вибивання полум'я з печі, зниженням тривалості операцій, пов'язаних з пило виділенням. Проте в даний час ще не знайдені задовільні конструктивні рішення після організації пиловловлювання при заливці

чавуну в піч і випуску з неї стали. Тому вживання засобів індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратор ШБ-1 «Пелюстка», усуває дію пилу на організм тих, хто працюють.

8.3 Виробнича санітарія

Оптимальні і допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочих місцях для різного періоду року залежно від категорії роботи подано в табл. 8.2 [45].

Таблиця 8.2 - Оптимальні та допустимі метеорологічні фактори виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима
Холодний та перехідний	важка - III	16...18	13...19	60...40	75	0,3	0,5
Теплий	важка - III	18...20	15-26	60...40		0,5	0,2-0,6

В мартенівському цеху застосовується природна і штучна вентиляція. Природна вентиляція застосовується на ділянці спікання. Природна вентиляція створює необхідний повітрообмін в результаті вітру за рахунок різниці густини теплого повітря приміщення, що знаходиться усередині, і холоднішого - зовні. Подача і видалення повітря відбувається через отвори в бічних стінах, а відводиться через аераційний ліхтар.

Для забезпечення оптимального мікроклімату в зимовий період у щитовій КВП і А застосовується механічна припливно-витяжна вентиляція. Кратність повітрообміну 9 м³/ч на 1м². Забір повітря відбувається із зовні вентилятором через калорифер, де повітря нагрівається і зволожується, а

потім подається в приміщення цехової КВП і А, де створюється підпір повітря, що забезпечує ізоляцію приміщення щитовою КВП від останніх приміщень. Тип вентиляційної установки ПС-1, продуктивністю 900 м³/год., потужність тягового електродвигуна 6,5 кВт [46].

Для створення оптимальних кліматичних умов в теплий період на робочих місцях операторів застосовують кондиціонування повітря. Для кондиціонування повітря застосовують місцеві кондиціонери. Подача повітря при використанні місцевих кондиціонерів виробляється способом спадаючого потоку – повітряний струмінь великого діаметру подається на робоче місце зверху вниз з найменш можливої відстані і з найменшою швидкістю.

При нормуванні освітленості виробничих приміщень регламентується її мінімальний допустимий рівень в залежності від характеристик і виду виконуваної зорової роботи. Вибір значень нормованих параметрів здійснюється у відповідності із Державними Будівельними Нормами України ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Згідно [46] вказівок до робіт слюсаря КВП і А та сталевара, що виконуються у виробничих приміщеннях, встановлюються норми і якісні показники природної і штучної освітленості, які наведені у табл. 8.3 та 8.4.

Таблиця 8.3 - Нормовані значення природного освітлення для виробничих процесів

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту для розрізнення	Розряд зорової роботи	Коефіцієнт природного освітлення e_n , %	
			При верхньому і комбінованому освітленні	При звичайному освітленні
Середньої точності	0,5-0,1	IV	3,6	1,4
Малої точності	1-5	V	2,7	0,9

Таблиця 8.4 - Норми освітлення штучним світлом

Характеристика роботи	Розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд роботи	Підрозряд роботи	Контраст об'єкта з фоном	Фон	Найменше освітлення			
						При газорозрядних лампах		При лампах розжарювання	
						освітлення			
						Комбіноване	Загальне	Комбіноване	Загальне
Середньої точності	Від 0,5 До 1	IV		Малий	Темний	750	300	800	200
				-//-	Середній	500	200	500	150
				Середній	Темний	500	200	500	150
				Малий	Світлий	400	150	400	100
				Середній	Середній	400	200	400	100
					Темний	300	150	300	100
					Середній	300	150	300	100
					Темний	300	150	300	100

В мартенівському цеху передбачене штучне і природне освітлення. Природне сонячне світло проникає через світлові отвори (верхні і бічні). Верхнє освітлення виробляється через аераційні ліхтарі на даху цеху. Природне освітлення в кабіні управління або диспетчерської відсутнє з причини недопустимості. Мартенівський цех відноситься до другої групи приміщень за умовами зорової роботи

8.4 Електробезпека

За показаннями ПУЕ приміщення мартенівського цеху відноситься до категорії особливо небезпечних приміщень - температура повітря $> 30^{\circ}\text{C}$, наявність струмопровідної підлоги, вологість понад 75% та струмопровідний пил.

Основними заходами захисту від поразки електричним струмом є:

- забезпечення недоступності токоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику;
- електричне розділення мережі;
- усунення небезпеки поразки при появі напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- вживання малої напруги;
- захист від випадкового дотику до токоведучих частин вживанням кожухів, обгороджувальних, подвійної ізоляції;
- контроль і профілактика пошкодженої ізоляції;
- вживання спеціальних електро- захисних засобів - переносних приладів і запобіжних пристосувань.

Всі газопроводи і газові пристрої заземлені. Зовнішні газопроводи заземляються через кожні 250м. Газопроводи на вході (і виході) будівлі цехів заземляються на контури заземлення цехових електроустановок.

Характеристика електромережі:

- 1) Напруга мережі – 380 В.
- 2) Частота мережі – 50 Гц.
- 3) Тип мережі – Чотирипровідна трифазна мережа з глухозаземленою нейтраллю.

8.5 Пожежна та техногенна безпека

Згідно СніП 21-01-97 мартенівський цех можна віднести до «А» вибухопожежонебезпечної категорії, оскільки на виробництві застосовуються речовини здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним; горючих газів, нижня межа вибуховості яких дорівнює 10% і менш по відношенню до об'єму повітря; рідин з температурою спалаху пари до 28°C включно за умови, що вказані гази і

рідини можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в об'ємі, що перевищує 5% об'єму приміщення.

На ділянці класи пожежі С, D та E , бо можливі пожежі металів, спалах електроустановок та горіння газоподібних речовин.

Температура займистості природного газу 645°C

Умови розвитку пожежі в будівлях і спорудах багато в чому визначається мірою їх вогнестійкості.

Приміщення мартенівського цеху - це будівля переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – сталеві конструкції. Конструкції, що захищають, – із сталевих профільованих листів і інших негорючих матеріалів з важко горючим утепленням, то привласнюємо міру вогнестійкості.

Біля будівлі мартенівського цеху передбачені під'їзди, що забезпечують під'їзд пожежних машин.

На ділянці спікання передбачена пожежна сигналізація типу ЕПС - електронна пожежна сигналізація, забезпечена термодатчиками і датчиками полум'я.

Згідно із СНиП 2.09.02-85 визначається мінімальна відстань по коридору від дверей найбільш віддаленого приміщення площею не більше 100 м² до виходу назовні або у найближчу сходову клітку (табл. 8.5).

На ділянці передбачено захист від блискавки, що складається з магнітопроводу, що знаходиться на даху ділянки в найвищій точці. Молнієприймник є металевим штирем заввишки 5 метрів, токовідвід сполучений з молнієприймником із заземленням.

Таблиця 8.5 - Відстань по коридору від дверей найбільш віддаленого приміщення площею не більше 100 м² до виходу назовні або у найближчу сходову клітку за СНиП 2.09.02-85.

Об'єм приміщення, тис. м	Категорія приміщення	Ступінь вогнетривко-1 і споруд	Відстань, м, при густоті людського потоку у загальному проході, чол/м		
			ДО 1	більше 1 доз	більше 3 до 5
Незалежно від об'єму	Г, Д	I, II, III, Ша ШБ, IV V	не обмежується 160 120	95 70	65 50

В разі виникнення пожежі на ділянці передбачений план безпечної евакуації людей. У приміщенні спроектоване 2 пожежників виходу шириною 2 метри. Час евакуації не нормується. Є 2 входи, шириною 2 метри, які можуть використовуватися для евакуації тих, що працюють. Довжина ділянки 300 метрів, ширина 100 метрів, висота 30 метрів. Передбачені 2 пожежні сходи шириною 1 метр. Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу прийнята залежно від категорії пожежної небезпеки і міри вогнестійкості будівлі згідно даним СНиП 2.01.02-85.

Для внутрішньої і зовнішньої пожежогасінні передбачений пожежний водопровід, а також два пожежників гідранта з пожежними рукавами завдовжки 50 метрів. Використовують вентиляційну систему, що перешкоджає виникненню і поширенню пожеж.

Кожен працівник при виявленні пожежі зобов'язаний:

- у разі виявлення спалаху необхідно повідомити керівника і спробувати загасити вогнище спалаху своїми силами за допомогою засобів первинного пожежогасіння (вогнегасник порошковий, вуглекислотний);

- у разі якщо згасити вогнище спалаху не вдається, привести в дію ручний пожежний сповіщувач;

- негайно повідомити про це в пожежну охорону за телефоном 101 (назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, повідомити своє прізвище);

- вжити заходів щодо евакуації людей, матеріальних цінностей;
- приступити до гасіння пожежі;
- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони і надати допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожеж.

Організаційні заходи:

- організована пожаро-технічна комісія цеху;
- розроблений план протипожежних заходів;
- проводяться інструктажі по знанню правил пожежної безпеки.

У мартенівській печі відповідно до норм повинні знаходитися наступні первинні засоби пожежогасінні: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубошерстної тканини або повсті, ящики з піском, совкові лопати); пожежний інструмент (багри, ломи, сокири і ін.).

8.6 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

При роботі із забруднюючими і дратівливими речовинами застосовують костюм робочий, куртка ватяна з подвійним ватином, каска, черевики юхтові, литтєвий метод кріплення, підошва поліуретан, бавовняні рукавиці, окуляри захисні закриті ЗП1-80У

Захист органів дихання досягається вживанням приладів, що фільтрують і ізолюють. Як прилади, що фільтрують, застосовують промислові протигази (шлангові протигази з примусовою подачею повітря ПШ-2, ДПА-5, АСМ, РМП-62, що фільтрує протигаз марки З, марки В) і респіратори («Пелюстка», Айстра-2).

Протигаз шланговий ПШ-2, що представляє собою воздухонапорний одно- або двоканальний ізолюючий дихальний апарат, призначений для

захисту органів дихання, очей і обличчя людини при виконанні робіт в умовах вмісту кисню в повітрі менше 17% об'ємних, а також при вмісті шкідливих речовин невідомого складу і концентрацій або при вмісті шкідливих речовин у повітрі більше 0,5% об'ємних.

Шланговий апарат ДПА-5 аналогічний апарату ПШ-2. Відрізняється тільки конструкцією повітродувки. Мінімальний тиск повітря 3000 Па, кількість повітря, що подається 200 л / хв.

ВИСНОВОК

Кваліфікаційна робота на тему «Проект автоматизації мартенівської печі в умовах мартенівського цеху ВАТ «ЗМК Запоріжсталь». САР температури у робочому просторі».

Метою виконання кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації мартенівської печі в умовах металургійного виробництва.

У ході реалізації поставленого завдання було розглянуто технологічний процес отримання сталі, вивчена конструкція агрегату і технологія виробництва.

У пояснювальній записці до кваліфікаційної роботи описані рішення по автоматизації, структура АСУ ТП. У графічній частині дипломного проекту описані функціональна, принципова електрична, монтажно - комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань і щит КВП і А автоматизації технологічного процесу мартенівської печі.

У розрахунковій частині розраховано та обрано регулювальний орган. На підставі розрахунків обраний виконавчий механізм.

В організаційній частині проведений розрахунок необхідної кількості робочого і обслуговуючого персоналу. Виконано розрахунок собівартості сталі і економічного ефекту та економічної ефективності від впровадження системи автоматизації, а також визначено строк окупності та рентабельності виробництва.

В розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів на території мартенівського цеху, розроблені заходи, що забезпечують комфортні умови праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Міняйло Н.О., Пазюк М.Ю. Дипломне проектування : методичні вказівки до написання та оформлення дипломного проекту для студентів ЗДІА напрямку підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Запоріжжя : ЗДІА, 2013.
2. Перспективы развития маргеновского производства. Национальная металлургия, 2002 г . 55 с.
4. Выплавка сталі в двухванной печи. ТИ 226 . Ст. М – 02 – 01.
9. Технічна інструкція на прилад термомара. URL: <http://www.terra-nisk.ru/item/tha-thk> (дата звернення 28.04.2022 р.)
10. Технічна інструкція на прилад телескоп ТЕРА-50 радиационного пирометра. URL: <http://kppz.ru/docs/tera50.pdf> (дата звернення 28.04.2022 р.)
11. Технічна інструкція на прилад датчики давления Метран-100. URL: http://www.priborika.ru/katalog/davlen/to/m100_ruk.pdf (дата звернення 28.04.2022 р.)
12. Технічна інструкція на прилад сигналізуючий манометр ДМ Сг 05. URL: <http://www.ua.all.biz/manometry-dm-sg-05-signaliziruyushchie-s-g271532> (дата звернення 28.04.2022 р.)
13. Технічна інструкція на прилад газоаналізатор Xgard-Тип-1-РН3. URL: http://priborsk.ru/katalog_oborudovaniya/analizatory_zhidkosti_gaza_vlazhnosti/gazoanalizatory/xgard-typ-1-ph3_-_stacionarnuyu_sensor/ (дата звернення 28.04.2022 р.)
14. Технічна інструкція на датчик діафрагма ДКС – 150. URL: http://www.priborplant.ru/ru/production/rasxodometria/catalog5/?top_id=13 (дата звернення 28.04.2022 р.)
15. Технічна інструкція на прилад метран РД. URL: http://www.metran.ru/netcat_files/350/272/h_bfe64767c18229fb87e17428c381945c (дата звернення 28.04.2022 р.)

16. Технічна інструкція на ультрафіолетовий датчик реле контролю полум'я ПАРУС-003Ц-УФ.

URL: http://www.gorelki.com/desc.shtml?what=82_351#desc (дата звернення 28.04.2022 р.)

17. Технічна інструкція на блок контролю полум'я двохканальний з пристроєм автоматичного розпалу типу БКП-2Р. URL: http://ukrecenter.at.ua/load/kvp_i_a/priladi_kontrolju_polum_96_ja_ta_pristroji_upravlinnja_rozpalom/blok_kontrolju_polum_39_ja_dvokhkanalnij_z_pristroem_a_vtomatichnogo_rozpalu_tip_bkp_2r/10-1-0-11 (дата звернення 28.04.2022 р.)

18. Технічна інструкція на ручний задавач РЗД-22.

URL: <http://ukrenergy.com.ua/rzd-12-rzd-22.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

19. Технічна інструкція на кулачковий перемикач серії ПМОФ. URL: http://ekb.pulscen.ru/products/pereklyuchatel_pmov_2980205 (дата звернення 28.04.2022 р.)

20. Технічна інструкція на пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М. URL: <http://ukrenergy.com.ua/pbr-2m.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

21. Технічна інструкція на датчик положення. Режим доступу: <http://www.festo.com/net/Supportportal/Files/195563/8022219r1.pdf> (дата звернення 28.04.2022 р.)

22. Технічна інструкція на покажчик положення дистанційний ДУП-М. URL: <http://www.gortehinvest.com/puskovie-upravlyaiuschie-ustroystva-msp/dup-m-ukazatel-polozheniya-distantcionniy.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

23. Технічна інструкція на МЕО-100/25. URL: <http://www.pribor-opt.ru/meo/meo100.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

24. Технічна інструкція на лампа комутаторна КМ 24-90. URL: <http://www.medkv.ru/lampa-km-24-90.html> (дата звернення 28.04.2022 р.)

26. Технічна документація на моторне реле часу РВМ-12 URL: <http://www.ua.all.biz/rele-vremeni-motornoe-rvm-12-g1476673> (дата звернення 28.04.2022 р.)

27. ПІ-регулятор URL: <http://autoworks.com.ua/teoreticheskie-svedeniya/pi-regulyator/> (дата звернення 28.04.2022 р.)
28. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації : Конспект лекцій для студентів спеціальності “Автоматизоване управління технологічними процесами”. Запоріжжя : ЗДІА, 2002. 330 с.
29. Ніколаєнко А.М., Міняйло Н.О. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації : навч.-методич. посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2001. 419с.
30. Элемер. Каталог продукции 2020 (дата звернення 28.04.2022 р.)
31. Modicon Quantum URL: <http://www.schneider-electric.ua/> (дата звернення 03.05.2022 р.)
33. Программирование контроллеров MODICON-TSX-QUANTUM: Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Интегрированные системы проектирования и управления" (дата звернення 05.05.2022 р.)
34. Гігієнічній класифікації праці № 4137-86. Списку №1 п.1
35. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДНС 3.3.6.042-99.
36. Державними Будівельними Нормами України ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення»
37. Опис сірчистого ангідриду та його основні характеристики. URL: http://vseslova.com.ua/word/%D0%A1%D1%96%D1%80%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0%B4-96397u (дата звернення 17.05.2022 р.)
38. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Піскун І.П. Охорона праці : підручник. Суми, 2009. 515 с.
40. СНиП 23-05-95 .Естественное и искусственное освещение. URL: http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Svet_pr/Norm_4/SNIP_95.htm (дата звернення 10.06.2022 р.)

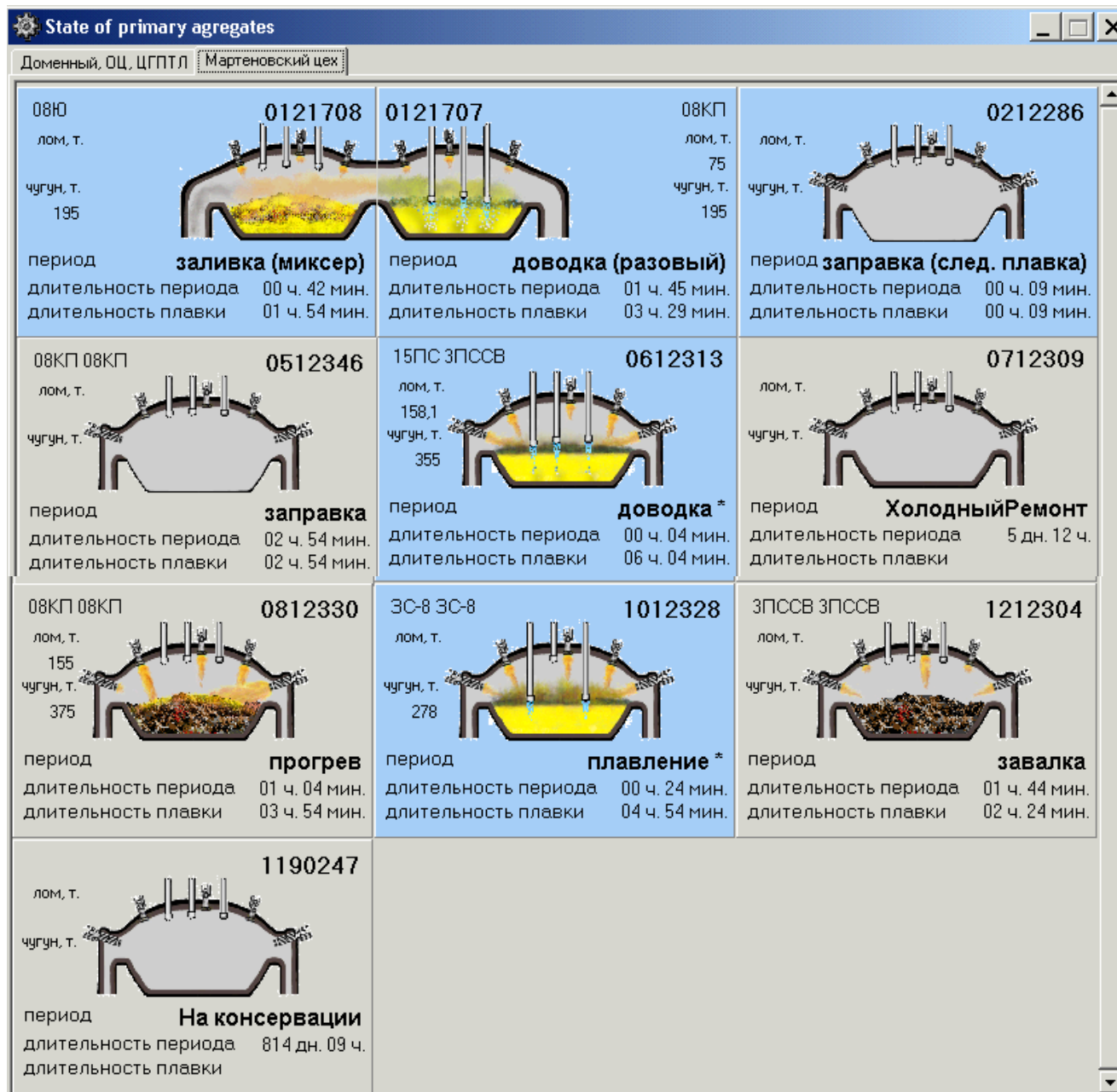
41. Нормування різних видів освітлення. URL: http://ftmk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Svet_pr/Norm_4/IV_4_norm.htm (дата звернення 10.06.2022 р.)

42. Барішенко О.М., Овчинникова І.А. Контрольна робота з дисципліни “Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень” : методичні вказівки для студентів ЗДІА спеціальності 7.092501 “АУТП”. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 26 с.

Додаток А

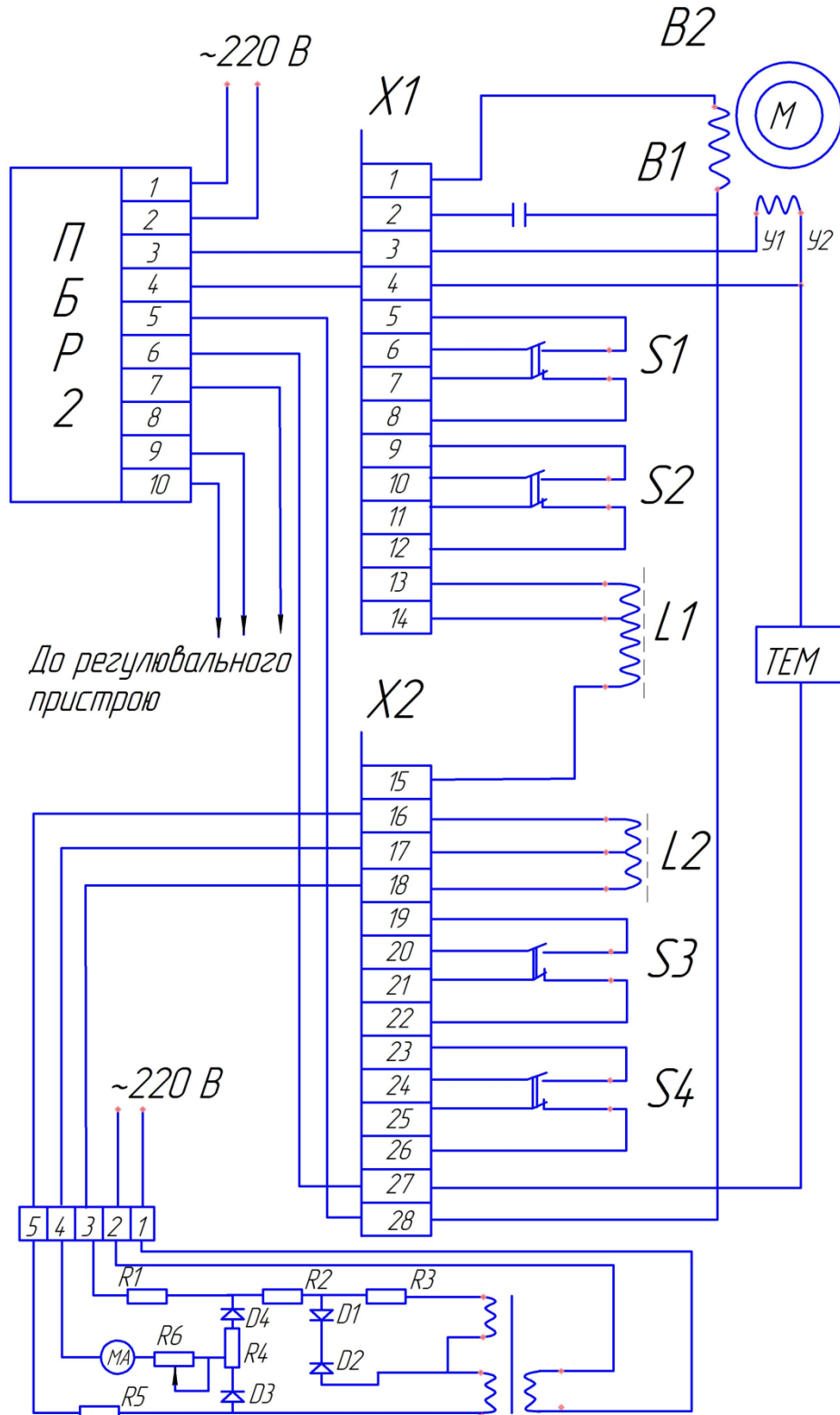
Мнемосхема А.1

Керування процесом відбувається за допомогою мнемосхеми:



Додаток Б

Принципова електрична схема з'єднання ВМ з пускачем ПБР-2 і дистанційним показчиком положення ДУП вала ВМ:



Додаток В

Замовна специфікація на комплекс технічних засобів системи автоматизації