

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ МЕТАЛУРГІЇ

тема абітантизавантаження управління технологічними процесами
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

другий магістерський
(рівень вищої освіти)

тема: Аналіз теплових характеристик сіментавильових
кві з різною узгодженістю електричної абітантизавантаження
і їх впливу на управління випалювальною сталею

Виконав: студент 2 курсу, групи АКІТ-18-1 магі
спеціальності 151 Абітантизавантаження та комп'ютерна
інтеграція технологій
освітньої програми Абітантизавантаження та комп'ютерна
інтеграція технологій
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

О.Р. Мехасинко
(підпис та прізвище)

Керівник проф. Віктор
(посада, прізвище, повне ім'я та прізвище)

Рецензент проф. Віктор
(посада, прізвище, повне ім'я та прізвище)

Західноукраїнський національний університет
(повне найменування закладу вищої освіти)
 факультет металургії
 кафедра автоматизованого управління технологічними процесами
 рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
(другий (магістерський) рівень)
 спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)
 спеціалізація _____
(шифр і назва)
 освітньо-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри АУТМ
проф. Ю.М. Давид
 " " " 20 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Михайло Іванович Бурлакович
(прізвище, ім'я, по батькові)

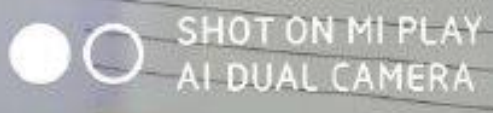
Тема кваліфікаційної роботи магістра Аналіз технологічних характеристик сталевих процесів з ціллю удосконалення якості автоматизованої системи управління випалом сталі
 рівень кваліфікаційної роботи магістра проф. каф. АУТМ к.т.н. Ілля А.С.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

стверджені наказом закладу вищої освіти від "10" вересня 2019 року № 1540-С
 Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи магістра _____

Вихідні дані кваліфікаційної роботи магістра характеристика сталевих процесів з ціллю удосконалення якості автоматизованої системи управління випалом сталі з використанням програмного забезпечення

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно зробити) 1. Особливості формування технологічних умов випалу сталі. 2. Вплив системи автоматизації на процес випалу сталі. 3. Вплив системи управління на процес випалу сталі. 4. Аналіз роботи верстатів рівня автоматизації. 5. Вплив параметрів випалу на якість сталі.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
результати роботи виконана на 11 сторінках



Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
розділ 1	Проф. К.Т.Н. каф. АУТМ Маміх А.С.	<i>[Signature]</i> 20.12.19
розділ 2	Проф. К.Т.Н. каф. АУТМ Маміх А.С.	<i>[Signature]</i> 26.12.19
розділ 3	Проф. К.Т.Н. каф. АУТМ Маміх А.С.	<i>[Signature]</i> 26.12.19
розділ 4	Проф. К.Т.Н. каф. АУТМ Маміх А.С.	<i>[Signature]</i> 26.12.19
розділ 5	Проф. К.Т.Н. каф. АУТМ Маміх А.С.	<i>[Signature]</i> 26.12.19
примітка	Проф. каф. АУТМ К.Т.Н. Овчинникова І.А.	<i>[Signature]</i> 28.12.19

Дата видачі завдання 10.09 2019 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
Опис об'єкта абітмаїзації	10.09.19-21.09.19	виконано
Технологічне виробництво	22.09.19-08.10.19	виконано
Технологічний процес як об'єкт абітмаїзації	08.10.19-10.11.19	виконано
Розробка шийми абітмаїзації	11.11.19-25.11.19	виконано
Презентування шийми абітмаїзації	26.11.19-08.12.19	виконано
Вибір металоматеріалу моделі шийми управління	09.12.19-22.12.19	виконано
Крейтинг комп'ютерного контролю Modicon TX Овчинникова	23.12.19-24.12.19	виконано
Розробка проекту і створення програми для шийми абітмаїзації управління шийми	25.12.19-26.12.19	виконано
Аналіз роботи верстата з об'єктом абітмаїзації	25.12.19-26.12.19	виконано
Критична робота об'єктом абітмаїзації шийми	26.12.19-27.12.19	виконано
Оплата праці та технологічне забезпечення	27.12.19-28.12.19	виконано

Здобувач вищої освіти *[Signature]* *[Signature]*
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної *[Signature]* *[Signature]*
 (підпис) (прізвище та ініціали)



РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної магістерської роботи на тему: «Аналіз теплових характеристик сталеплавильних печей з ціллю удосконалення якості автоматизованої системи управління виплавки сталі». Робота включає в себе 94 сторінки машинописного тексту, 31 рис., 9 табл. та 45 найменувань переліку посилань.

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

В першому розділі роботи розглянуто технологічний процес агрегату, вивчена конструкція агрегату і технологія виробництва.

Автоматичний контроль параметрів мартенівського процесу доводиться виконувати в умовах високотемпературного і агресивного середовища, що ускладнює здобуття точних і надійних вимірів. Тому у другому розділі дипломного проекту приводяться розробка системи автоматизації, а саме загальні принципи роботи обчислювальної системи, вибір структури і типу АСУТП.

В третьому розділі зроблений вибір та обґрунтування функціональної структури системи автоматизації, вибір математичної моделі системи управління та технічних засобів нижнього рівня СА, зроблено проектне компонування контролера Modicon TX Quantum.

В четвертому розділі роботи магістра виконано аналіз роботи верхнього рівня. Розроблена структурна схема та наведено принцип організації роботи верхнього рівня АСУ ТП.

В п'ятому розділі представлена техніка безпеки та охорона праці дається загальна характеристика умов виробництва та санітарно-гігієнічних умов праці, визначені небезпечні та шкідливі фактори, які впливають на персонал.

МАРТЕНІВСЬКА ПЧ, ВЕРХНІЙ РІВЕНЬ, АСУ ТП, МНЕМОСХЕМА, АРМ ОПЕРАТОРА, КОНТРОЛЕР, БАГАТОРІВНЕВА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

ЗМІСТ

Вступ	9
1. Особливості функціонування технологічних агрегатів	14
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.1.1 Конструкція печі	14
1.1.2 Технологія виробництва	19
1.2 Постановка та обґрунтування завдань управління технологічним процесом.....	34
1.3 Технологічний процес як об'єкт автоматизації.....	34
2. Розробка системи автоматизації	37
2.1. Загальні принципи роботи обчислювальної системи	37
2.2 Вибір структури і типу АСУТП.....	40
2.3 Робоча мнемосхема роботи мартенівської печі	42
2.4 Розробка схеми інформаційних та матеріальних потоків.....	44
3. Проектування системи автоматизації	47
3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА.....	47
3.2 Вибір математичної моделі системи управління	48
3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА.....	55
3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади	55
3.4.2 Проектне компонування контролера Modicon TX Quantum.....	57
3.5. Розробка проекту і створення програмного коду системи автоматичного управління мартенівською піччю	61
4. Аналіз роботи верхнього рівня автоматизації	69
4.1 Структура верхнього рівня АСУ ТП.....	69
4.2 Принцип роботи обчислювальної системи.....	71
5. Охорона праці та техногенна безпека.....	78
5.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівника мартенівського цеху	78
5.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	81

	6
5.3 Електробезпека	88
5.4 Пожежна безпека	89
Висновки.....	91
Перелік посилань	93

ВСТУП

Розвиток сучасного металургійного виробництва супроводжується інтенсифікацією технологічних і виробничих процесів. Створення великих металургійних агрегатів і їх комплексів дозволяє більш ефективно використовувати сировину, паливо, капіталовкладення. Однак здійснювати управління та інтенсифікувати металургійні процеси в великих і складних технологічних об'єктах (ТО) без використання новітніх методів і засобів управління неефективно або взагалі неможливо.

Актуальність теми. 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 за схожих умов роботи порівнюваних агрегатів і підприємств, навіть в умовах одного виробництва. Очевидно, що відступи від оптимального технологічного режиму роботи печей, що обумовлюють зміни тривалості плавок, питомих витрат палива і кисню, в першу чергу, пов'язані з недостатністю інформації про стан печі і ванни в ході плавки. Крім зазначених негативних наслідків, знижується стійкість печі і зростають витрати на ремонти. Для прискорення плавок вдаються до підвищеної витрати кисню в факел і ванну, що сприяє прискореному зносу вогнетривкої кладки робочого простору і заносу осередків регенераторів. При цьому погіршується екологія і умови праці в цеху через викиди димових газів через робочі вікна.

Метою роботи є розробка та дослідження системи управління мартенівським процесом в умовах металургійного виробництва.

Для досягнення мети дослідження були поставлені такі завдання:

- дослідити особливості мартенівського технологічного процесу;
- розробити схеми інформаційних та матеріальних потоків контролю та аналіз організації верхнього рівня АСУ ТП мартенівського процесу;
- провести розрахунок і розробку схем автоматизації печі, мнемосхеми

мартенівського процесу, моделювання САР тиску у робочому просторі печі, бази даних та програм роботи АСУТП;

– дослідити взаємозв'язку між рівнями АСУ, провести аналіз структури роботи верхнього рівня АСУ ТП, а також принципу роботи обчислювальної системи;

– розробити технічну документацію проектування АСУ ТП.

Об'єкт дослідження: мартенівський процес в умовах металургійного виробництва.

Предмет дослідження: система управління мартенівським процесом.

Наукова ідея дипломної роботи полягає в розкритті доцільності застосування системи управління з багаторівневою архітектурою в мартенівському технологічному процесі.

Новизна роботи полягає у детальному розгляді структури та принципів функціонування верхнього рівня АСУТП мартенівського виробництва.

Результати роботи пропонуються до використання підприємствами для вдосконалення мартенівського процесу в умовах металургійного виробництва.

Удосконалення метрологічного забезпечення мартенівського виробництва має також організаційний і соціальний ефект за рахунок полегшення і поліпшення управління технологічним процесом підвищення надійності роботи агрегатів, передачі ряду утомливих функцій контролю приладами, об'єктивності прийнятих рішень з управління, підвищення техніки безпеки.

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

Найбільш ефективним засобом управління ТО є системи централізованого управління, створювані на основі теорії управління, що використовують економіко-математичні методи, обчислювальну і вимірювальну техніку. Такі системи управління отримали найменування автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП). У ці системи включена велика область систем управління ТО з різною ступеню звільнення людини (оператора) від функцій контролю, управління і передачі їх автоматичних засобів.

Матеріали роботи були представлені на VIII регіональній науково-практичній

конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних, та фармацевтичних наук» (листопад 2019).

Сучасні промислові мережі комп'ютерів, підключені до локальної мережі Ethernet або глобальної мережі Internet. Така архітектура автоматизованої системи називається багаторівневою, вона зручна при колективній роботі з системою автоматизації або для зв'язку технологічного рівня АСУ з управлінським. Доступ будь-якого комп'ютера мережі до пристроїв введення- виведення або контролерам здійснюється за допомогою OPC-сервера, які можуть розташовуватися на декількох комп'ютерах або контролерах і доступ до будь- якого з них може здійснюватися з будь-якого комп'ютера мережі.

Важливим надбанням даної роботи є детальне вивчення функціонування багаторівневої архітектури АСУПТ мартенівським виробництвом. Таку систему можна широко використовується як для лабораторної автоматизації, так і для автоматизації технологічних процесів.

Окремі промислові мережі можуть мати різні протоколи і містити обладнання різних виробників, а також різну фізичну середу передачі даних – оптоволокло, мідні дроти, радіоефір (через радіо- або GSM-модеми) і ін. Зазвичай OPC-сервер працює тільки з одним або декількома портами введення-виведення комп'ютера, до кожного з яких підключена одна промислова мережа. Тому кількість OPC-серверів в системі менше або дорівнює кількості промислових мереж. Завдяки наявності мережі Ethernet в систему легко можуть бути включені сервери баз даних, комунікаційні сервери, веб-сервери, принтери, плоттери, АТС, факси, технологічне обладнання та інші пристрої з Ethernet-інтерфейсом.

Основою програмного забезпечення мережі, встановленого на комп'ютерах, є SCADA пакети – програмні засоби диспетчерського управління та збору даних. У контролерах виконуються завантажувальні модулі програм, які генеруються засобами візуального програмування ПЛК на мовах стандарту МЕК 61131-3.

Системи управління з багаторівневою архітектурою зазвичай будуються за об'єктним принципом, коли структура системи вибирається подібною структурі об'єкта автоматизації, а кожна підсистема є локальною, тобто всі зворотні зв'язки

замкнуті в межах цієї підсистеми. Кожна локальна підсистема виконує окрему функцію, що задається логікою функціонування всієї системи. Об'єктний принцип побудови дозволяє спростити проектування багаторівневої системи і забезпечити її структурну (архітектурну) надійність.

Аналіз складних систем управління дозволяє виділити в них кілька однорідних рівнів ієрархії: WAN – «Wide Area Network» – глобальна мережа, LAN – «Local Area Network» – локальна мережа.

Нижчий (нульовий) рівень включає в себе датчики і виконавчі пристрої (актуатори): датчики температури, тиску, кінцеві вимикачі, дискретні датчики наявності напруги, вимірювальні трансформатори, реле-пускатчі, контактори, електромагнітні клапани, електроприводи та ін. Датчики і актуатори можуть мати інтерфейси типу AS-інтерфейс (ASI), 1-Wire або CAN, HART і ін. На даний час намітилася стійка тенденція до використання інтелектуальних датчиків, які мають цифровий інтерфейс, вбудований мікроконтролер, пам'ять, мережеву адресу і виконують автоматичне калібрування і компенсацію нелінійностей датчика. Інтелектуальні датчики в межах мережі повинні мати властивість взаємозамінності, зокрема, мати один і той же протокол обміну і фізичний інтерфейс зв'язку, а також нормовані метрологічні характеристики і можливість зміни адреси перед заміною датчика.

Перший рівень складається з програмованих логічних контролерів і модулів аналого-цифрового і дискретного введення-виведення, які обмінюються інформацією з промислової мережі (Fieldbus) типу Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus і ін. Іноді модулі введення-виведення виділяють в окремий рівень ієрархії.

Верхній (диспетчерський) рівень складається з робочих станцій – комп'ютерів з людино-машинним інтерфейсом (ЧМІ, НМІ – Human Machine Interface), найбільш поширеними варіантами якого є SCADA-пакети. Диспетчер (оператор) здійснює спостереження за ходом технологічного процесу або управління ним за допомогою мнемосхеми на екрані монітора комп'ютера. Диспетчерський комп'ютер виконує також архівування зібраних даних, записує дії оператора, аналізує сигнали системи технічної діагностики, дані аварійної та

технологічної сигналізації, сигнали спрацьовування пристроїв протиаварійних захистів, а також виконує частину алгоритмів управління.

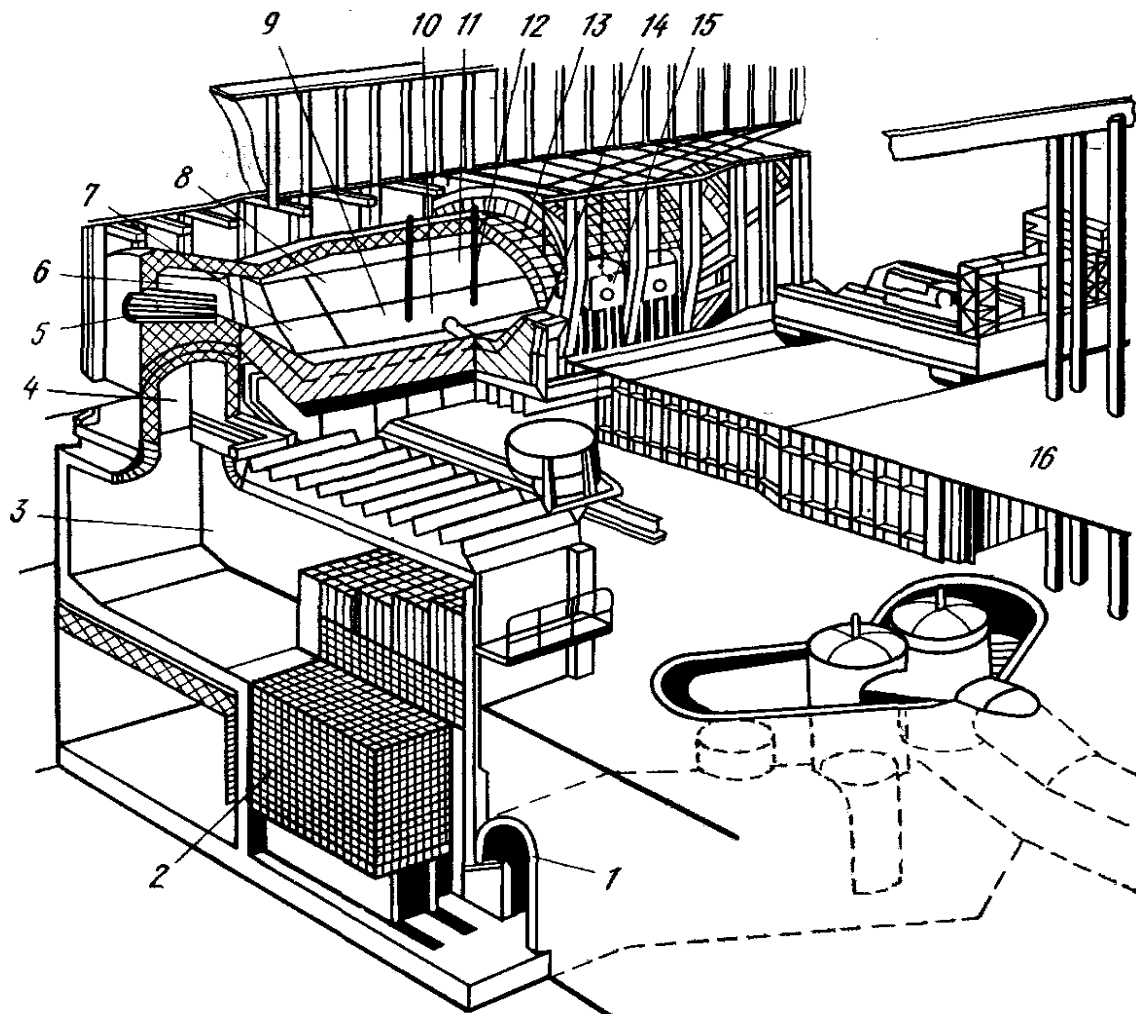
Кількість рівнів АСУ залежить від величини підприємства.

1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи

1.1.1 Конструкція печі

Конструкція стаціонарної мартенівської печі показана на рисунку 1.1. Печ можна умовно розділити на верхню і нижню частини. Верхня частина печі складається з робочого простору 8, пальників 6, вертикальних каналів 4. Нижня частина печі включає в себе регенератори 2, шлаковики 3 і боров 1.



1 - боров; 2 - регенератори; 3 - шлаковики; 4 – вертикальні канали; 5 - пальники; 6 - головки; 7 – косяки печі; 8 – робочий простір; 9 – косяки печі; 10 – подина; 11 – задня стінка; 12 – фурми; 13 – арочне склепіння; 14 – арматура; 15 – завалочні вікна; 16 – робочий простір.

Рисунок 1.1 – Конструкція мартенівської печі

У передній стінці робочого простору передбачені завалочні вікна 15, обрамлені з обох сторін арматурами 14. Завалочні вікна служать для завалювання шихти в піч, заливки чавуну і скачування шлаку. Число вікон зазвичай непарне (від 3 для малих печей до 7 для великих). У задній стінці 11 розташовані отвори, для випуску сталі і шлаку. Середня частина призначена також для обслуговування сталевипускного отвору. На деяких печах рідкий чавун заливають через отвір, що знаходиться в задній стінці робочого простору. Стіни печі нахилені, для того щоб при заправці з них не зсипалися заправні матеріали.

Нижня частина робочого простору, обмежена подом 10 і косяками 7 і 9 печі (нижньою частиною передньої, задньої і торцевих стінок), називається ванною. Ванна вміщує весь рідкий метал і шлак. Верхнім рівнем ванни є пороги – сталеві плити, що утворюють нижню частину завалювальних вікон. Зверху робочий простір огорожено арочним склепінням 13. У зводі є отвори, через які в піч вводять кисневі фурми 12 для продувки ванни киснем.

З торцевих сторін до робочого простору примикають головки печі. Головки служать для підведення палива в піч за допомогою пальників 5, змішання його з повітрям і підготовки до спалювання, а також для відводу з печі продуктів згоряння палива і технологічних газів. Тому вимоги, що пред'являються до них, суперечливі. З одного боку, коли через головку в піч подаються паливо і повітря для створення великих швидкостей витікання газів, тобто для гарного перемішування палива з повітрям і отримання жорсткого факела, необхідна невелика площа перетину газових каналів. З іншого боку, канали малого перетину характеризуються великим гідравлічним опором в той період, коли головка служить для відводу газу з печі. Правильний вибір конструктивних розмірів головок печі особливо ускладнюється для печей, опалювальних низькокалорійним паливом, і, отже, обладнаних газовими (для підігріву газоподібного палива) і повітряними (для підігріву повітря) регенераторами. В цьому випадку головки повинні бути так сконструйовані і мати такі розміри вікон для виходу газу і повітря, щоб забезпечити правильний розподіл продуктів згоряння, які проходять через них, між повітряними і газовими

регенераторами.

Газ і повітря, надходячи з вертикальних каналів і проходячи через газовий і повітряний прольоти, які постійно звужуються, набувають велику швидкість (кінетичну енергію), що сприяє інтенсивному перемішуванню ванни і швидкому згорянню палива з правильним напрямком факела.

Застосування таких висококалорійних палив, як природний газ і мазут, спрощує конструкцію головки і всієї печі в цілому, так як виключається потреба в регенераторах для підігріву палива. Печі з такими головками мають тільки одну пару регенераторів для підігріву повітря. Мартенівські печі, що працюють на природному газі, мазуті або суміші мазуту з природним газом, можуть бути обладнані двох і одноканальними головками.

Як уже зазначалося, факел мартенівської печі повинен мати достатню світність, тобто мати хорошу радіаційну здатність. Якщо піч опалюється мазутом, то додаткових заходів вживати не треба, так як мазутовий факел має достатню світність. При опаленні печей газоподібним паливом забезпечення належної світності, може бути, досягнутий двома способами: добавками мазуту або смоли (штучна карбюрізація факела) або створенням таких умов роботи пальника, при яких забезпечується самокарбюрізація факела за рахунок розкладання вуглеводнів палива.

Вертикальні канали мартенівських печей служать для з'єднання робочого простору зі шлаковиках.

До нижньої будови печі відносяться шлаковики, регенератори, димові кабана, перекидні пристрої. Шлаковики призначені для очищення газів, що йдуть з робочого простору, від великого пилу. Очищення засноване на тому, що гази, потрапляючи в шлаковик, втрачають свою швидкість внаслідок різкого і раптового розширення каналу. Гази, що рухаються з невеликою швидкістю, не можуть повести за собою великі частки пилу, і останні осідають на дно шлаковика. Частково очищені гази змінюють на 90° напрямок свого руху і надходять в регенератори, де віддають своє тепло вогнетривкої насадки. Обсяг шлаковика повинен бути таким, щоб у ньому вміщувалася пил, що осідає за час

міжремонтного періоду (2 – 3 місяці).

Проходячи через регенератори, димові гази охолоджуються з (1500 – 1600) °С до (800 – 600) °С. Після перекидання клапанів, коли через розігріту насадку регенераторів пропускається повітря або газ, тепло насадки передається їм, в результаті чого температура повітря або газу піднімається до (850 – 1150) °С. Борова призначені для відводу продуктів згоряння з регенераторів і підведення до них газу або повітря. Перемикання регенераторів з нагріву на охолодження і навпаки здійснюється за допомогою перекидних пристроїв – клапанів тарілчастого і золотникового типів і шиберів. Перекидання клапанів здійснюється автоматично, а в необхідних випадках вручну.

Футеровка печі, особливо робочого простору, працює в дуже важких умовах. Механічні удари і стирання, хімічну взаємодію плавильного пілу і шлаків, високі температури є причиною використання для кладки мартенівських печей високоякісних вогнетривких матеріалів. Щоб запобігти роз'їдання кладки основними оксидами шлаку, виробничі приміщення викладають з основних вогнетривів. Під печі, задню і передню стінки, а також укуси виконують з магнезитової цегли. В якості теплової ізоляції служить шамотна і пеношамотна цегла, яку зазвичай застосовують для кладки зовнішніх шарів. Внутрішню поверхню пода покривають товстим шаром магнезитової наварки.

Для зведення печі застосовують термостійкий магнезітохромітовану цеглу. У процесі кладки склепіння між окремими цеглинами встановлюють тонкі металеві прокладки. При сильному розігріві зводу ці прокладки розплавляються, і окремі цеглини зварюються між собою.

Головки і стіни вертикальних каналів викладаються з хромомагнезитової цегли, стіни шлаковиків і верхню частину стін регенераторів – з динасової цегли з облицюванням хромомагнезитом. Облицювання захищає кладку від шкідливого впливу плавильного пілу. Нижню частину стін і більшу частину насадки регенераторів виконують із шамотної цегли; верхні ряди насадки регенераторів – з форстерітових або високоглиноземистих вогнетривів, більш

стійких проти агресивної дії плавильного пилю. Борова і внутрішню частину димаря футерують шамотною цеглою.

Сучасна мартенівська піч зазвичай обладнана котлом-утилізатором, що дозволяє використовувати до 50% тепла димових газів для отримання пари, установкою для очищення димових газів від пилю, комплектом контрольно-вимірвальних приладів і приладів автоматичного управління тепловим режимом печі. Піч забезпечена також системою випарного охолодження (СВО).

Мартенівські печі ємністю 650 тон і 900 тон одноканальні з основною футеровкою. Звід з периклазом хромітової цегли товщиною 460 мм.

Мартенівські печі опалюються стаціонарними пальниками з водоохолоджуванним кесоном, встановленим в торцевих стінах головок.

Для опалення печей використовується два види палива: природний газ і мазут. Мазут подається для збільшення світності факела, оскільки природний газ такою властивістю не володіє. Найкраще співвідношення газ-мазут по світності при частці мазуту (15 – 20) % від загального теплового навантаження. Калорійність 1 м³ природного газу – (8000 ± 50) ккал і 1 кг мазуту – (9700 ± 100) ккал.

Повнота згоряння мазуту забезпечується за рахунок розпилення його компресорним повітрям. Допускається в зимовий період для розпилення мазуту використовувати перегрітий пар тиском не менше 4 атмосфер і температурою не нижче 250 °С. Допускається застосування мазуту з вмістом S до 4,0%.

Для інтенсифікації горіння палива і підвищення температури факела в нижній частині пальника під факел подається кисень. Його концентрація повинна становити від 90 % до 95%.

Повітря, необхідне для горіння палива, подається від вентилятора по повітряному колектору. Для повного згоряння палива співвідношення паливо-повітря має становити в тверді періоди плавки 1: 11,0, в рідкі періоди 1: 11,5.

Факел повинен мати жорсткість і розташовуватися не далі середини печі. Продування ванни здійснюється содовими 6-сопельними кисневими фурмами.

Під час продувки зріз кисневих фурм повинен встановлюватися на кордоні

шлак-метал. При допалювання СО, що виділяється з ванни, розташування зрізу фурми повинно бути на висоті 1,2 – 1,5 м над рівнем порогів завалочних вікон.

1.1.2 Технологія виробництва

У мартенівської печі виплавляються наступні сталі:

Вуглецеві киплячі:

Сталь 1КП, 2кп, 3КП, 4КП і інші – по внутрішньозаводському регламенту ГОСТ 380, ГОСТ 14637, ГОСТ 5521.

Сталь 08кпВГ, 08кпВГ для емалювання, 03кп, 10кп, 15кп, 20кп і інші - по внутрішньозаводському регламенту ДСТ 9045, ГОСТ 4041, ГОСТ 24244, ГОСТ 1050.

Вуглецеві напівспокійну:

Сталь 0ВпсВГ, 08пс, 10пс, 20пс, 25ПС і інші – по внутрізаводському регламенту ДСТ 9045, ГОСТ 4041, ГОСТ 1 050.

Сталь 1ПС, 2пс, 3пс, 4ПС, 3Гпс і інші - по внутрішньозаводському регламенту ГОСТ 380, ГОСТ 5521.

Вуглецеві спокійні:

Сталь 1сп, 2сп, 3сп, 4сп, 5сп і інші – по внутрішньозаводському регламенту ГОСТ 380, ГОСТ 5521.

Сталь 08сп, 10СП, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 та інші – по внутрішньозаводському регламенту ГОСТ 1050, ГОСТ 4041.

Сталь 15к, 20к і інші – по внутрішньозаводському регламенту ГОСТ 5520. Сталь 16Д і інші – по внутрішньозаводському регламенту ГОСТ 6713.

Низьколеговані сталі:

Сталь 09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 12ГС, 16-17ГС, 17Г1С, 14Г2, 10Г2С1 і інші – по внутрішньозаводському регламенту ГОСТ 19281.

Сталь 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1Д, 10ХСНД і інші – по внутрішньозаводському регламенту ГОСТ 5521, ГОСТ 5520, ГОСТ 6713.

Початком періоду заправки вважається початок випуску попередньої плавки.

У період заправки не допускати охолодження печі, тому що це призведе до подовження чергової плавки.

Щоб уникнути затримок подавати першу порцію шихти і встановлювати у печі заправну машину потрібно до початку випуску плавки.

Заправка печі вище рівня шлаку поєднується з періодом доведення, при цьому не допускається загушення шлаку заправними матеріалами. Ділянки, що знаходяться нижче рівня шлаку, заправляти в міру оголення стін і укосів при випуску плавки.

Заправка печі в період чистого кипіння категорично забороняється.

Заправка верху задньої стінки проводиться торкретмашиною.

При тривалому сході металу по жолобу заправка печі під час випуску забороняється.

При використанні відпрацьованої вугільної футеровки заправка печі здійснюється при максимальному тепловому навантаженні відповідного даного періоду.

У разі зриву наварки пода або укосів, що супроводжується різким збільшенням в'язкості шлаку і стрибкоподібним зменшенням швидкості вигорання вуглецю, плавки на експорт і АЕ не призначаються.

Сушку і закладення сталевипускного отвору слід проводити після ретельного огляду подини і укосів майстром виробництва і сталеваром печі, які визначають придатність її до проведення чергової плавки.

Перед сушінням отвору давати на нього руду, агломерат або зварювальний шлак у кількості, що забезпечує якісне закладення.

Форма і розміри сталевипускного отвору повинні забезпечити нормальний випуск плавки.

Мартенівські печі опалюються природним газом і мазутом.

Мазут, що подається у факел, повинен відповідати вимогам ГОСТ 14298 марки МП. Вміст сірки в мазуті має бути не більше 0,5% і вологи – не більше 5,0%.

Тепловий режим печі повинен вестися відповідно до положення за

тепловим і кисневим режимом:

- подача кисню в періоди завалювання і прогріву здійснюється тільки в факел в кількостях, встановлених теплотехнічною інструкцією ТИ 227СТМ07;
- продування ванни киснем починати після заливки не менше половини чавуну і робити протягом всього періоду плавлення.

Одночасна подача кисню через склепінні фурми і в факел забороняється.

На початку продувки головку фурми розташовувати над поверхнею шихти на 200 – 300 мм. У міру зниження рівня ванни фурми слід опускати до кордону розділу шлак-метал і підтримувати на цьому рівні протягом всієї продувки.

Рівень положення фурми визначається візуально.

Продування ванни киснем проводиться в періоди плавлення й доведення плавки через многосоплові сводові фурми з центральним охолодженням головки. Застосовувати кисень не менше 95% чистоти.

Тривалість беспродувочного періоду (від виключення подачі кисню через склепінні фурми до розкислення або випуску при розкисленні в ковші) в залежності від вмісту вуглецю.

При низькому тиску природного газу (менше 2,5 атм) дозволяється проводити виплавку сталі зі скороченим беспродувочним періодом.

При цьому температура металу на випуску підвищується на 10° С киплячої сталі для емалювання, спокійної і низьколегованої сталі і на 5 °С для киплячого і напівспокійного металу всіх призначень.

З метою запобігання викидам металу і шлаку сталевар зобов'язаний:

- не допускати перегріву шлаку і металу, переокислення шлаку;
- проводити завалку сипучих матеріалів з пошаровим їх прогріванням, не допускаючи оплавлення і закозлення;
- завалка вапняку (вапна) на подину забороняється;
- не допускається початок завалювання в холодну піч з наявністю глибоких застоїв на подині.

При різкому вскипанні ванни, або посиленні барботажа, коли можна очікувати викид металу, необхідно піднімати фурми з припиненням продувки

до осідання ванни, а потім продовжувати нормальне продування.

Для коригування температури металу і наведення шлаку дозволяється присадка окалини, сваршлака і залізної руди по ходу правління й доведення, а також зниження теплових навантажень під час продувки ванни.

Перед початком завалювання сталевару вручається прямовисна із зазначенням кількості та виду брухту, сипучих матеріалів.

Після кожного завалювання шихти проводиться зважування тари.

Розрахунок шихти проводиться майстром по стрімких квитанціями на лом, окислювачі, вапняк (вапно) і коригується з урахуванням зміни кількості і хімічного складу чавуну, залізної руди і якості брухту.

У період завалювання контролюють:

- правильність вибору печі для виплавки сталі заданої марки;
- дотримання встановленого порядку завалювання шихтових матеріалів в піч;
- кількість і якість шихтових матеріалів, що завантажуються в піч – за документами та особистими оглядом.

Склади з сипучими матеріалами – окислювачами і вапняком (вапном) – подаються до печі не пізніше, ніж за 10 хвилин до випуску плавки.

Встановлюється наступний порядок завалювання сипучих матеріалів:

– перший шар – залізна руда або інші окислювачі з рівномірним розподілом по всій поверхні подини. У разі, коли кількість завалюють окислювачів недостатньо (одна – дві мульди на отвір) для покриття подини, дозволяється завалка на подину чистого легкого брухту в кількості не менше 7% від його загальної маси;

– другий шар – вапняк (вапно) по одній мульді 1, 2, 3, 5, 6, 7 вікна і одну – дві мульди в 4 вікно;

– третій шар – інша частина вапняку (вапна) – по одній мульді в вікно, переважно під слив чавуну. Прогрів від 5 до 8 хвилин.

Завалка на охолоджену подину забороняється. Під час завалювання і прогріву сипучих матеріалів не допускати їх оплавлення і закозлення.

Допускається послойна завалка легкого брухту і вапняку (вапна). Для отримання шлаку при розплавленні дозволяється завалювати між шарами вапняку боксит, шлак виробництва вторинного алюмінію або інші розжижувачі. Завалка брухту починається після закінчення прогріву сипучих і проводиться послідовно і рівномірно в кожне вікно, при цьому великоваговий брухт з кожного складу завалюється в останню чергу в середні вікна, ближче до задньої стінки.

Проміжні прогріви брухту, виключаючи прогрів під час зміни складів, не дозволяються.

Перерви при зміні складів з шихтою не повинні перевищувати 15 хвилин.

Тривалість завалювання брухту повинна бути мінімальною і становити не більше 2 години 00 хв – для 650 т і 2 година 30 хв – 900 т печей. Під час завалювання тримати максимально можливі теплові навантаження з тим, щоб піч помітно не охолоджувалася і звід був нагрітий не нижче 1450 °С.

Під час продування ванни киснем великоваговий брухт завалювати в останню чергу в підфурменну зону.

Завалку металевого брухту проводити 2 – 3 завалочними машинами з максимальною швидкістю.

При роботі без продувки ванни киснем:

Витрата окислювачів в завалку повинен забезпечити рекомендований отримання до моменту розплавлення ванни. Зміст вуглецю в ній на (0,3 – 0,7) % вище середньозаданого значення в готовому металі.

Витрата залізної руди або зварювального шлаку в завалку рекомендується від 85 кг/т до 100 кг/т сталі при витраті рідкого чавуну близько 600 кг/т сталі.

При відсутності брухту і тривалій завалці витрата окислювачів в завалку знижується.

Витрата вапняку в завалку повинні складати від 60 кг/т до 65 кг/т сталі, що дозволяють до моменту розплавлення ванни отримати шлак необхідної основності.

Встановлюється наступний порядок завалювання сипучих матеріалів:

- перший шар: на подину руда – 7 мульд по одній мульдї в кожне вікно;
- другий шар: вапняк 7 мульд по одній мульдї в кожне вікно, прогрів від 5 хв. до 7хв .;
- третій шар: залізна руда – 2 мульди у 2 і 6 вікна по одній мульдї, прогрів від 4 хв. до 5 хв .;
- четвертий шар: вапняк – 4 мульди в 2, 3, 5, 6 вікна по одній мульдї, прогрів від 5 хв. до 10 хв., шуровка, прогрів від 5 хв. До 10 хв.

Тривалість завалювання і прогріву, сипучих повинні бути не менше 60 хв.

Дозволяється завалка на подину чистого легкого брухту. Рекомендується з метою прискорення процесу шлакоутворення після другого шару завалювати 1 – 2 мульди бокситу або інших розріджувачів.

Завалка брухту починається після закінчення прогріву сипучих і проводиться послідовно і рівномірно в кожне вікно, при цьому великоваговий брухт з кожного складу завалюється в останню чергу, в середні вікна, ближче до задньої стінки.

Перерви при зміні складів не повинні перевищувати 30 хвилин.

Загальна тривалість завалювання (включаючи і завалку сипучих матеріалів) повинна бути не менше 4 годин 30 хвилин.

Тривалість прогріву брухту повинна бути не більше 1 години для 650 т і 1 годину 20 хв – для 900 т печей. Під час прогріву брухту, щоб уникнути бурхливих реакцій при зливї чавуну і плавлення, не допускати «закозленія» шихти і місцевих розплавлень.

Прогрів слід вважати закінченим, якщо на поверхні лому немає темних плям, кромки брухту злегка оплавлені і шихта незначно осіла.

Після закінчення завалювання проводиться підсипка порогів обпаленим (ОСТ 1485) і сирим (ОСТ 1 484) доломітом. Тривалість підсипки порогів не повинна перевищувати 30 хвилин.

Подача кисню в періоди завалювання і прогріву здійснюється тільки в факел.

При роботі печей з підвищеною інтенсивністю продувки і тривалістю

початкових періодів до 4 годин 00 хв допускається подача кисню через склепінні фурми в кінці періоду прогріву за 10 – 15 хв. до початку заливки чавуну.

До закінчення завалювання повинні бути встановлені в сторону дві шлакові чаші і дві чаші під шлакові отвори задньої стінки. Обсяг шлакових чаш становить 16 м³.

Заливати чавун при відсутності шлакових чаш під печами забороняється.

Жолоби для заливки чавуну встановлювати не пізніше, ніж за 10 хв до початку заливки. Установку жолобів слід проводити переважно в 2 і 6 вікна.

Заливку чавуну рекомендується проводити, можливо, швидше двома ковшами одночасно. Загальний час заливки повинен бути для печей ємністю 900 т не більше 50 хвилин, для печей ємністю 650 т – не більше 45 хвилин.

Необхідно враховувати, що скорочення часу заливки чавуну призводить до зменшення тривалості плавки, збільшення кількості первинного шлаку, що спускається, і поліпшенню умов для видалення сірки в ході плавки.

У період заливки чавуну контролюють:

- закінчення прогріву шихти – особистим наглядом;
- заливку чавуну (склад чавуну, початок і закінчення заливки, і кількість заливається чавуну) – по документам і особистим наглядом.

При роботі без продувки ванни киснем:

Тривалість прогріву брухту повинна визначатися часом підготовки печі до заливання чавуну і бути не більше 1 година 30 хв.

До заливки чавуну під робочою площадкою і під жужільними вічками повинні бути встановлені 4 шлакові чаші.

Заливку чавуну рекомендується проводити двома ковшами одночасно переважно в 2 і 6 вікна.

Злив чавуну повинен тривати не більше 45 хвилин.

Під час плавлення має бути видалено максимальну кількість шлаку. Енергійний і своєчасний спуск шлаку є основною умовою для видалення фосфору і сірки з ванни під час плавлення, отримання шлаку до моменту

розплавлення необхідної основності і зниження витрати шлакоутворюючих в завалку і доведення.

На плівках з використанням відходів вугільної футеровки можливе отримання пінистого шлаку. У разі спінювання шлаку необхідно збільшити витрату мазуту до 30% від загального теплового навантаження, відповідно скоротити витрати природного газу.

Спуск первинного шлаку повинен починатися під час зливу, не пізніше ніж через 10 – 15 хв. після закінчення зливу чавуну.

Тривалість спуску шлаку, рахуючи від кінця заливки чавуну, повинна бути не більше 40 хвилин, з таким розрахунком, щоб до моменту спливання вапняку спуск первинного шлаку був закінчений.

Протягом цього часу рекомендується спускати шлак не менше 1,5 чаші на 900 т і 1 чаші на 650 т печак (з розрахунку не менше 4 м³ добре осаджені шлаку на кожні 100 т рідкого чавуну в шихті).

Починати спуск первинного шлаку через шлакові отвори в задній стінці і закінчувати через пороги завалювальних вікон, враховуючи, що при зниженні рівня шлаку можна відповідно обробити насипний поріг.

Після закінчення спуску первинного шлаку в період плавлення необхідно стежити за його станом в печі. Густі шлаки виправляти бокситом, окалиною або шлаком виробництва вторинного алюмінію, рідкі – вапном (вапняком), не чекаючи розплавлення ванни.

Допускається робота без видалення первинного шлаку, якщо при цьому забезпечується отримання вмісту сірки і фосфору в готовому металі в межах, встановлених внутрішньозаводським регламентом.

В кінці плавлення (коли ванна «сіла») слід відібрати пробу металу для визначення вмісту вуглецю, сірки і фосфору.

У разі, коли результат аналізу попередньої проби металу показує передумови розплавлення ванни з вмістом вуглецю нижче передбаченого, допускається добавка вуглецевій матеріалів або доливання чавуну не більше 5% від маси садки до розплавлення і початку полірування. Кількість чавуну, що

додається у піч, неповинно викликати перевантаження печі і сталерозливних ковшів. При цьому повинна бути забезпечено полірування плавки окатиною (залізною рудою) в кількості не менше 1 мульди або продування ванни киснем за встановленими режимами. У випадках, коли доливка чавуну неможлива або не забезпечує необхідний вміст вуглецю при розплавленні, проводиться перепризначення плавки на менш відповідальні замовлення і не для експорту.

У період плавлення контролюють:

- спуск первинного шлаку (час початку спуску і його тривалість, кількість спущеного шлаку на передню сторону і через лютки) – особистим наглядом;
- виправлення шлаку, кількість і час введення в піч вапна, бокситу і ін. шлакообразуючих – особистим наглядом;
- час і умови відбору проб шлаку і металу – особистим наглядом;
- тривалість і інтенсивність продувки ванни киснем – за показниками приладів і особистим наглядом;
- доливка чавуну, його кількість і хімічний склад – за документами і особистим наглядом.

При виплавці сталі для розкислення або легування марганець застосовується у вигляді феромарганцю, силікомарганцю і металевого марганцю. При цьому марганцевмісні добавки рекомендується вводити в ківш.

Розкислення і легування сталі силіцієм проводиться переважно в ковші 45, 65, 75% або в печі 25% феросиліцію.

У випадку сталі, легованої хромом, останній може бути введений у вигляді ферохрому, ферросілікохрома і інших комплексних сплавів.

Для кращого засвоєння хрому шлак до моменту введення матеріалів, що містять хром, повинен бути рідкорухливим.

При введенні ферохрому в піч необхідно дотримуватися таких правил:

- ферохром рекомендується прожарювати до червоного розжарювання;
- присадку ферохрому в піч проводити через 5 – 10 хв. після попереднього розкислення розосереджено рівномірно в усі вікна в 12 прийоми з інтервалом 10 – 15 хвилин;

– витримка металу в печі після дачі останньої порції ферохрому становить від 20 до 30 хвилин, при вмісті хрому в готовій сталі до 2 %;

– при вмісті хрому в готовій сталі більше 2 % ферохром сідає в кілька прийомів з інтервалом 15 – 16 хвилин; витримка металу після дачі останньої порції ферохрому повинна бути не менше 30 хвилин і не більше 1 години.

– сілікохром або інші комплексні сплави можуть бути присаджені як в піч, так і у ковш. Присадка сілікохрома в піч повинна виключати використання феросплавів, що містять кремній, для попереднього розкислення.

При виплавці сталі, легованої нікелем, максимальну кількість нікелю необхідно вводити в завалку у вигляді відходів, що містять нікель або чистий нікель. Відсутню кількість нікелю слід вводити в піч по розплавленні (після скачування шлаку) з розрахунком на нижню межу його змісту в готовій сталі. При цьому повинно бути нормальне розплавлення по шкідливих домішках (вміст сірки та ін.).

Остаточне коригування змісту нікелю, але не більше ніж на 0,2%, допускається в період чистого кипіння не пізніше, ніж за 30 хвилин до розкислення.

Забороняється присадка в доведення пресованого нікелю.

Нікель або феронікель, які вводяться в доведення, треба попередньо прожарити.

При виплавці сталі, що містить мідь, мідь слід вводити в шихту у вигляді відходів, що містять мідь, не забруднених оловом, миш'яком, цинком або у вигляді чистої міді.

Відсутня кількість міді вводиться в піч по розплавленні (після скачування шлаку).

Остаточне коригування змісту міді може бути проведено під час доведення не пізніше, ніж за 30 хвилин до розкислення.

Легування сталі фосфором проводиться присадкою ферофосфору, фосфористого феромарганцю або ферромарганфосфора у ковш після введення в метал марганцю і кремнію.

Алюміній вводиться к ковш після присадки феросплавів, що містять кремній, у вигляді кускового або рідкого алюмінію, ферроалюмінія або комплексних сплавів.

Феротитан вводиться у ковш під струмінь металу по ходу випуску з бункера.

Дозволяється присадка титану у вигляді титанової губки або відходів, що містять титан.

При спільному легуванні сталі алюмінієм і титаном допускається одночасне введення алюмінію і сплавів (відходів) титану в ківш.

Вміщені в феросплавах елементи не повинні виводити сталь за межі заданого хімічного складу, здорожувати її собівартість і призводити до організаційних ускладнень.

Розкислювачі і легуючі добавки вводяться в метал при досягненні необхідного (в залежності від вмісту вуглецю в готовій сталі) рівня вуглецю.

Для забезпечення однорідного складу металу присадку феросплавів у ковш необхідно починати при наповненні ковша металом на одну п'яту висоти, проводити введення феросплавів рівномірно і закінчувати при наповненні однієї другої висоти ковша. Після введення силікомарганцю (феромарганцю), феросиліцію в ківш вводиться алюміній і, при необхідності, ферротитан в кількостях, що забезпечують вимоги внутрізаводського регламенту хімічного складу сталі.

Розкислення і легування в ковші феросплавами, що містять марганець, підлягають всі марки сталі по ГОСТ 380, ДСТ 9045, ГОСТ 4041, ГОСТ 1050, ГОСТ 5520, ГОСТ 5521, ГОСТ 6713, та за спеціальними технічними умовами.

У період розкислення сталі контролюють:

– нагрівання металу – за показаннями термометри постійного виміру, термометри занурення (короткочасне вимірювання), по сливу металу на плиту, сталевим шомполом;

– хімічний склад металу і шлаку до моменту розкислення – за даними аналізу проб;

- введення в піч феросплавів (час, хімічний склад, кількість, прожарювання) – зі зважування, за даними сертифікатів і особистим наглядом;
- розкислення напівспокійної, спокійної і низьколегованої сталі – за кількістю кремнію, що вводиться феросплавами при попередньому розкисленні, проводиться на підставі зважування, розрахунку та особистим наглядом;
- час закипання ванни після присадки феромарганцю при розкисленні киплячої сталі – особистим наглядом;
- тривалість витримки металу в печі з феросплавами до випуску – особистим наглядом.

Забороняється присадка в доведення пресування нікелю.

Нікель або феронікель, що вводяться в доведення, повинні бути попередньо прожарені.

При виплавці сталі, що містить мідь, мідь слід вводити в шихту у вигляді відходів, що містить мідь, не забрудненні оловом, миш'яком, цинком або у виде чистої міді.

Відсутня кількість міді вводиться в піч по розплавленні (після скачування шлаку).

Остаточне коригування змісту міді може бути проведено під час доведення не пізніше, ніж за 30 хвилин до розкислення.

Легування сталі фосфором проводиться з використання присадки ферофосфору, фосфористого феромарганцю або ферромарганфосфора у ковш після введення в метал марганцю и кремнію.

Алюміній вводиться у ковш після присадки феросплавів, які містять кремній, у виде кускового або рідкого алюмінію, фероалюмінія або комплексних сталева.

Феротитан вводиться у ковш під струмінь металу по ходу випуску з бункера. Дозволяється присадка титану у виде титанової губки або відходів, що містять титан.

При спільному легуванні сталі алюмінієм и титаном допускається одночасне введення алюмінію и сталевих відходів титану у ковш.

Вміщені в феросплави елементи повинні виводитися у сталь в межах заданого хімічного складу, здорожувати її собівартість і призводити до організаційних ускладнень.

Розкислювачі і легируючі добавки вводяться в метал при досягненні необхідного (в залежності від вмісту вуглецю в готовій сталі) вмісту вуглецю.

Для забезпечення однорідного складу металу присадку феросплавів у ковш необхідно починати при наповненні ковша металом на одну п'яту висоти, проводити введення феросплавів рівномірно і закінчувати при наповненні однієї другої висоти ковша. Після введення сілікомарганцю (феромарганцю), феросиліцію в ковш вводиться алюміній і, при необхідності, феротитан в кількостях, що забезпечують вимоги внутрішньозаводського регламенту хімічного складу сталі.

У період розкислення сталі контролюють:

- нагрівання металу – за показаннями термопар постійного виміру, термопари занурення (короткотривалий вимір), по сливу металу на плиту, сталевим шомполом;
- хімічний склад металу і шлаку до моменту розкислення – за даними аналізу проб;
- введення в піч феросплавів (годину, хімічний склад, кількість, прожарювання) – зі зважування, за даними сертифікатів і особистим наглядом;
- розкислення напівспокійної, спокійної і низьколегованої сталі – за кількістю кремнію, що вводиться феросплавів при попередньому розкисленні – на підставі зважування, розрахунку та особистим наглядом;
- час закипання ванни після присадки феромарганцю при розкисленні киплячої сталі;
- тривалість витримки металу в печі з феросплавів до випуску;
- шматкоподібність і дотримання порядку введення алюмінію в ківш (час і послідовність) – особистим наглядом, а кількість алюмінію, введеного у ковш – з розрахунку;

– найменування і кількість добавок, що вводяться у ковш, для нейтралізації шлаку – згідно з цією інструкцією та особистим наглядом.

Зазначені пункти контролю відзначаються у плавильному паспорті форми М16 або МП06.

Відповідно до ступінчастої системи контролю, крім здійснюваного ОТК безперервного контролю технології, вибірково контролюється технологія виплавки керівництвом ОТК і цеху, а також проводиться перевірка знань технологічних інструкцій підлеглого персоналу, яка входить в обов'язки ІТП.

Результати вибіркового контролю і перевірки знань технологічних інструкцій записуються в журналах шихтового двору, міксерного відділення і пічного прольоту.

У розливний проліт мартенівського цеху по залізничній колії подається склад платформ, з виливницями готовими до розливання сталі. Сталь в виливниці розливають зверху.

При такому розливанні сталі, сталерозливний ковш піднімають над виливницею і відкривають шиберний затвор ковша. Щоб уникнути викид сталі з виливниці і рівномірне її заповнення, на неї встановлюють воронку.

Переваги:

- більш проста схема установки;
- відсутність втрат на льодовики;
- температура металу може бути нижче.

Недоліки:

- виникнення на поверхні плівки;
- велика тривалість розливання.

Після розливання сталі в виливниці, вона охолоджується і застигає. Далі платформи з виливницями поступають у відділення роздягання зливків, де з виливниць витягають готові злитки, які потім надходять на склад злитків.

1.2 Постановка і обґрунтування завдань управління технологічним процесом

Мартенівська піч – це полум'яна регенеративна піч, призначена для переробки чавуну і сталевого брухту в сталь заданого хімічного складу і якості.

Технологічні вимоги, що пред'являються до мартенівському процесу:

- отримання сталі заданого хімічного складу і температури;
- мінімальний чад металу;
- мінімальна тривалість плавки;
- мінімальні енерговитрати.

У зв'язку з цим завданнями контролю і управління мартенівської плавки є:

- регулювання співвідношення паливо-кислородоносії;
- регулювання тиску в робочому просторі;
- контроль хімічного складу сталі;
- контроль температури сталі;
- контроль розрядження в димовому борві;
- контроль температури насадок регенераторів;
- контроль температури димових газів.

1.3 Технологічний процес як об'єкт автоматизації

Для управління технологічним процесом необхідно визначити вхідні і вихідні параметри мартенівської плавки. Контролюючи витрата і значення цих параметрів можна керувати технологічним процесом, тому що існує взаємозв'язок між вхідними та вихідними параметрами.

Аналізуючи технологічний процес в мартенівській печі, як об'єкт автоматичного управління, можна виділити наступні керовані величини, збурюючі та управляючі впливи (рисунок 1.2).

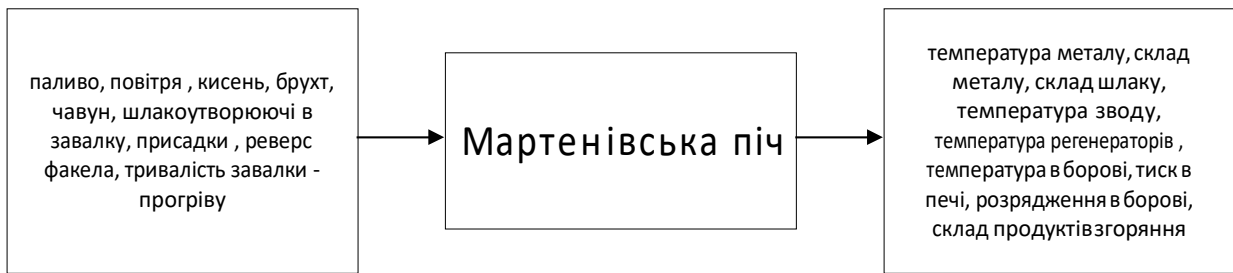


Рисунок 1.2 – Керовані і контрольовані параметри

а) основні вихідні (керовані) величини. До них відносять ті параметри, отримання кінцевих значень, метою яких є технологічний процес виробництва сталі:

- 1) хімічний склад сталі;
- 2) температура сталі перед випуском плавки;
- 3) маса сталі в ковші;
- 4) температура сталі в ковші;

б) додаткові вихідні величини, тобто величини, значення яких не є метою управління процесом:

- 1) маса шлаку, що скачали;

в) контрольовані впливи (значення яких вимірюються і відомі в ході протікання процесу):

- 1) вміст вуглецю в сталі та інших легуючих добавок;
- 2) температура сталі;
- 3) маса чавуну при зливі його в мартенівську піч;
- 4) температура насадок регенераторів;
- 5) температура димових газів в борові;
- 6) вміст CO або O₂ в продуктах згоряння;
- 7) тиск в робочому просторі печі;
- 8) розрядження в димовому борові;

г) керуючі впливи (вони покликані забезпечити реалізацію цілей управління):

- 1) витрата теплоносіїв (природного газу та мазуту);

- 2) витрата кисненосіїв (стиснене повітря, вентиляторне повітря, кисень до факелу);
- 3) витрата кисню в ванну;
- 4) маса вуглецевих і легуючих добавок.

Оцінка мартенівського процесу і печі, як об'єктів автоматичного управління вкрай складна, через те, що технологічний процес характеризується великою кількістю різноманітних параметрів, а піч можна розділити на кілька взаємопов'язаних ділянок (ванна, кладка, факел, регенератори і т.д.) з різними статичними і динамічними характеристиками.

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Загальні принципи роботи обчислювальної системи

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 по з.д. шляхах шихтового открийка через 5 в'їздів мультимодального 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.

У середньому АСУ ТП служить 5 років і виходить з ладу по елементно. В системі найменш надійною є термопара, 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».

Структура автоматизація мартенівської печі складається з декількох рівнів.

На локальному рівні вимоги такі:

- перетворення вимірюваних параметрів в уніфікований струмовий (від 0 мА до 20 мА, від 4 мА до 20 мА) і по напрузі (від 0 В до 5В, від 0 В до 10В, $\pm 5В$, $\pm 10В$). Для перетворення використовується первинний перетворювач;

- управління становищем фурм у місцевому дистанційному режимі.
- реалізація блокувань і аварійних захистів обладнання мартенівської печі;
- регулювання технологічних параметрів з ручним введенням завдання, за допомогою контролеру і виносного пульта;

- формування попереджувальної і аварійної сигналізації;
- узгодження сигналів від датчиків з входами ПЗО і виходів ПЗО з виконавчими органами.

На рівні підсистем мартенівського виробництва вимоги:

- збір та обробка інформації, що надходить від мартенівської печі;

- подання інформації на операторські панелі;
- реалізація завдань програмно – логічного управління мартенівською піччю;
- реалізація завдань оптимізації режимів мартенівського процесу;
- періодичними опитуваннями інтелектуальних датчиків і виявлення їх стану. Налаштування діапазонів вимірювань до 100:1. Датчик може бути налаштованим на значення 0,5 с (датчики стійкі до електромагнітних перешкод);
- виявлення відхилень параметрів мартенівського процесу від регламентованих значень;
- видача звітних документів (зведення, звітний рапорт), що містять інформацію про кількість спожитої шихти і виробленої сталі.

На рівні підсистем верхнього рівня вимоги:

- розрахунок оптимальних режимів мартенівської печі і параметрів для отримання потрібної марки сталі;
- періодичний розрахунок якісних характеристик мартенівського процесу і якісних показників сталі;
- розрахунок техніко-економічних показників за певний період мартенівського виробництва;
- подання на комп'ютері майстра передісторію мартенівського процесу за місяць;
- видача звітних документів.

2.2 Вибір структури і типу АСУТП

На даний момент найбільш прийнятним варіантом є створення систем супервізорного типу. Цей режим характеризується тим, що ЕОМ, включаючись в замкнений контур автоматичного управління, здійснює керуючі впливи у вигляді завдань локальним системам автоматичного регулювання.

Основним завданням є автоматична підтримка технологічного процесу поблизу оптимальної робочої точки шляхом оперативного впливу на нього. Саме в цьому полягає одна з головних переваг даного виду систем, оскільки

виключаються флуктуації, пов'язані з якістю роботи різних операторів, кваліфікація кожного з яких обов'язково позначається на якості вибору установок. Разом з тим, можливості таких систем обмежені.

На рисунку 2.1 наведено структурна схема АСУ ТП мартенівської печі супрвізорного типу.

Розглянуто вплив цих обмежень на можливість застосування супервізорного управління. В принципі регулятори в функціональній структурі системи можуть розглядатися як мікроаналогові або цифрові ЕОМ. Вони при відхиленні регульованої величини від заданого значення розраховують і формують керуючий вплив на виконавчий механізм. Ефективність вирішення цього завдання в значній мірі визначається якістю вибору структури і настроювальних коефіцієнтів регулятора, що відображають ступінь обліку статичних і динамічних характеристик об'єкта. Природно, змінюючи параметри налаштування, а іноді і структуру, багато сучасних регуляторів можна пристосувати для вирішення досить складних задач. Однак, неодмінною умовою при цьому є стаціонарність статичних і динамічних характеристик каналів регулювання. При невиконанні цієї умови ефективність вирішення основного завдання знаходиться в прямій залежності від своєчасності і якості настройки використовуваного регулятора.

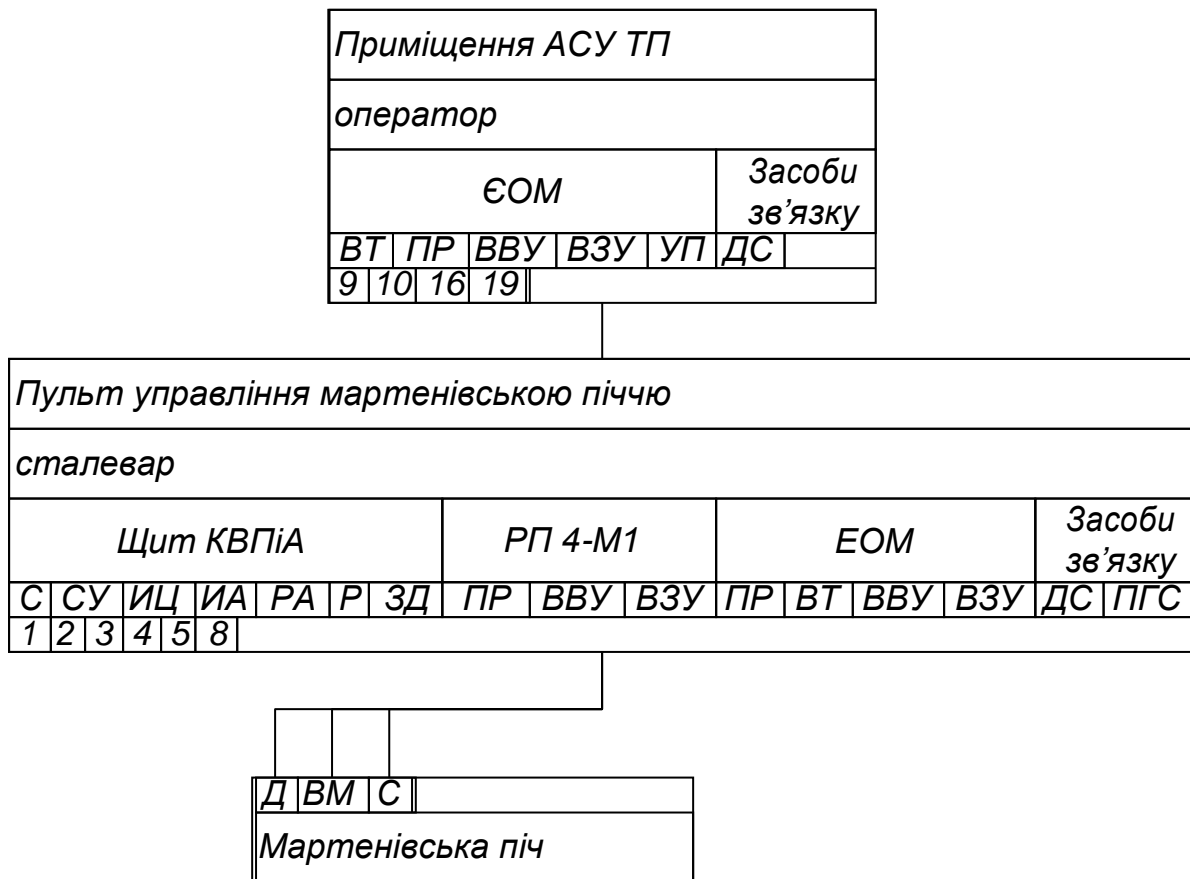


Рисунок 2.1 – Структурна схема АСУ ТП мартенівської печі

Уникнути цих труднощів можна, застосувавши концепцію прямого цифрового управління, яка дозволяє замінити сукупність регуляторів з заданими їм установками на обчислювальний комплекс.

Структурна схема автоматизації є дворівневу систему, що складається з наступних рівнів:

- рівень вимірювальних засобів, локальних засобів контролю і регулювання. Він складається з датчиків, сигналізаторів значень параметрів, вимірювальних перетворювачів. Він призначений для перетворення технологічних величин (значень витрат, температур, тиску і т. д.) в електричні величини. На цьому рівні здійснюється контроль і регулювання параметрів процесу за допомогою засобів контролю і регулювання. Всі ці пристрої розташовані на щитах ділянок КВП і являють собою: вторинні прилади, задачники, станції управління, аналогові регулюючі пристрої, цифрові

регулюючі пристрої, ЕОМ. Також на цьому рівні розташовані засоби диспетчерського зв'язку і виробничого гучномовного зв'язку. На цьому рівні система виконує наступні функції: контроль параметрів, вимірювальне перетворення, контроль і сигналізація вимірювальних параметрів, вибір режимів роботи, реєстрація параметрів. На верхньому щаблі цього рівня знаходиться сталевар, який через пульт управління безпосередньо контролює і регулює певні параметри процесу.

- на цьому рівні розташована ЕОМ, що виконує наступні функції: ручне введення даних, реєстрація параметрів на зовнішніх запам'ятовуючих пристроях, розрахунок показників роботи за зміну на основі даних, що надходять з перебігу зміни, розрахунок техніко-економічних показників. Зверху цього рівня розташовується оператор, який і проводить контроль за роботою ЕОМ. Рівень пов'язаний з попереднім рівнем за допомогою диспетчерського зв'язку.

2.3 Робоча мнемосхема роботи мартенівської печі

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.

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

а) температуру:

- 1) склепіння робочого простору;
- 2) зверху насадок;
- 3) метала;
- 4) в борові;

б) витрата:

- 1) природного газу;
 - 2) кисню загального;
 - 3) кисню на середню фурму;
 - 4) вентиляційного загального повітря;
 - 5) вентиляційного додаткового повітря;
- в) тиск в робочому просторі і в борві;
- г) положення фурм.

На рисунку 2.2 приведена мнемосхема роботи мартенівської печі.

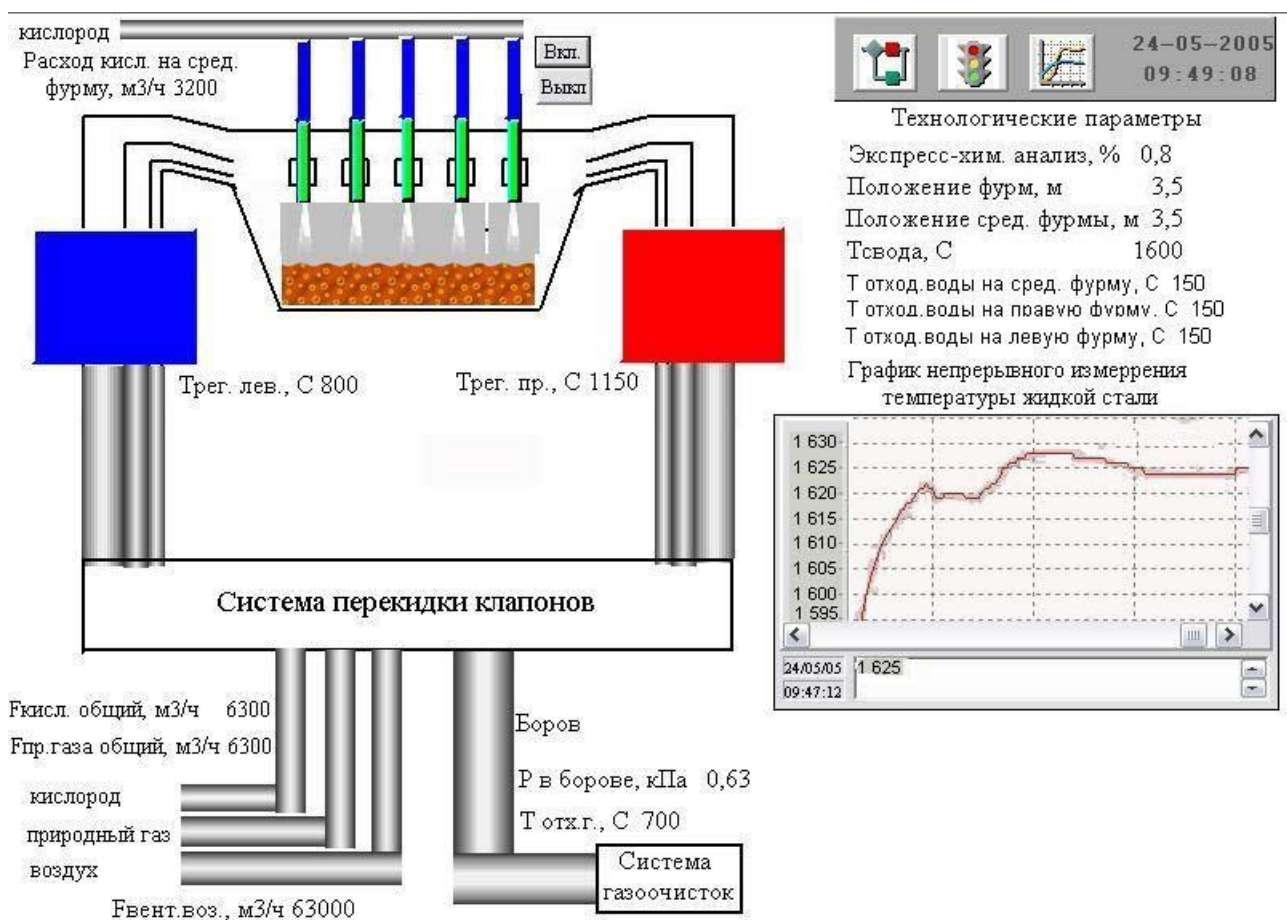


Рисунок 2. 2 – Мнемосхема роботи мартенівської печі

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 курують, 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.

2.4 Розробка схеми інформаційних та матеріальних потоків

Щоб визначити всі вхідні і вихідні сигнали мікропроцесорної системи і здійснити проектне компонування контролера для системи автоматичного управління мартенівським процесом, на основі розглянутих алгоритмів ручного і

автоматичного управління роботою механізмів розроблена схема інформаційних потоків, рис. 2.3.

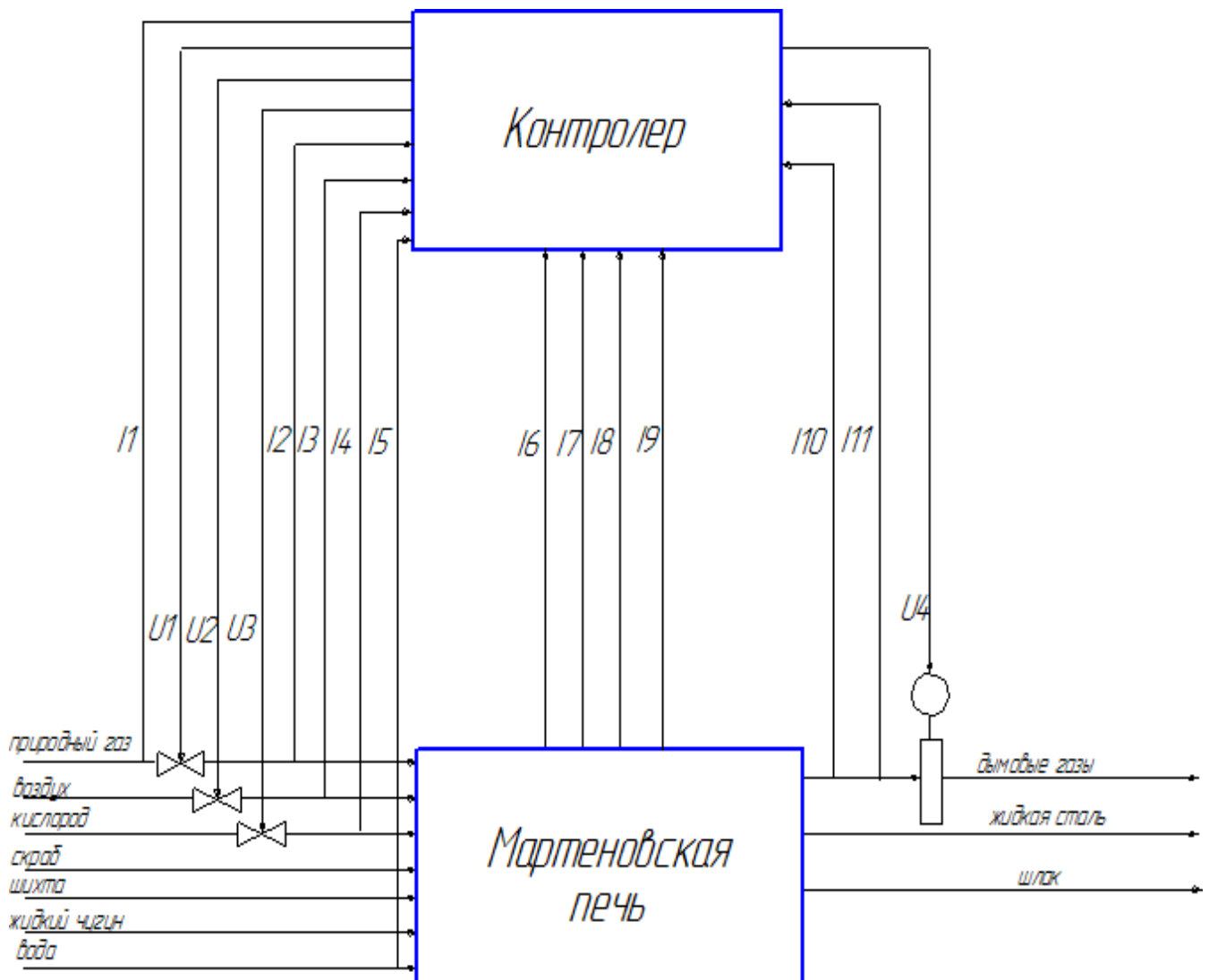


Рисунок 2.3 – Схема інформаційних потоків

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 керуючих сигналів: U1 –

подача природного газу; U2 –

подача повітря;

U3 – подача кисню;

U4 – вплив, що керує.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРХНЬОГО РІВНЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА

Структура автоматизація мартенівської печі складається з декількох рівнів.

На локальному рівні вимоги наступні:

- перетворення вимірюваних параметрів в уніфікований струмовий (від 0 мА до 20 мА, від 4 мА до 20 мА) і по напрузі (від 0 В до 5 В, від 0 В до 10 В, $\pm 5В$, $\pm 10В$). Для перетворення використовується первинний перетворювач;
- управління становищем фурм у місцевому дистанційному режимі;
- реалізація блокувань і аварійних захистів обладнання мартенівської печі;
- регулювання технологічних параметрів з ручним введенням завдання. За допомогою контролера і виносного пульта;
- формування попереджувальної і аварійної сигналізації;
- узгодження сигналів від датчиків з входами ПЗО і виходів ПЗО з виконавчими органами.

На рівні підсистем мартенівського виробництва вимоги:

- збір та обробка інформації, що надходить від мартенівської печі;
- подання інформації на вторинний цифровий перетворювач, операторські панелі;
- реалізація завдань програмно – логічного управління мартенівською піччю;
- реалізація завдань оптимізації режимів мартенівського процесу;
- періодичними опитуваннями інтелектуальних датчиків і виявлення їх стану. Налаштування діапазонів вимірювань до 100:1. Датчик може бути налаштованим на значення 0,5 с. Датчики стійкі до електромагнітних перешкод;
- виявлення відхилень параметрів мартенівського процесу від регламентованих значень;
- видача звітних документів (зведення, звітний рапорт), що містять

інформацію про кількість спожитої шихти і виробленої сталі.

На рівні підсистем верхнього рівня вимоги:

- розрахунок оптимальних режимів мартенівської печі і параметрів для отримання потрібної марки сталі;
- періодичний розрахунок якісних характеристик мартенівського процесу і якісних показників сталі;
- розрахунок техніко-економічних показників за певний період мартенівського виробництва;
- подання на комп'ютері майстра передісторію мартенівського процесу за місяць;
- видача звітних документів.

3.2 Вибір математичної моделі системи управління

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.

ІІІ-регулятор- пропорційно-інтегральний-регулятор.

ІІІ-регулятор являє собою поєднання ІІ- та І-регуляторів.

Передаточна функція ІІІ-регулятора:

$$W(p) = K + 1/T_i \cdot s.$$

Схеми моделювання та відповідні п.п. представлені на рисунках 3.1-3.4.

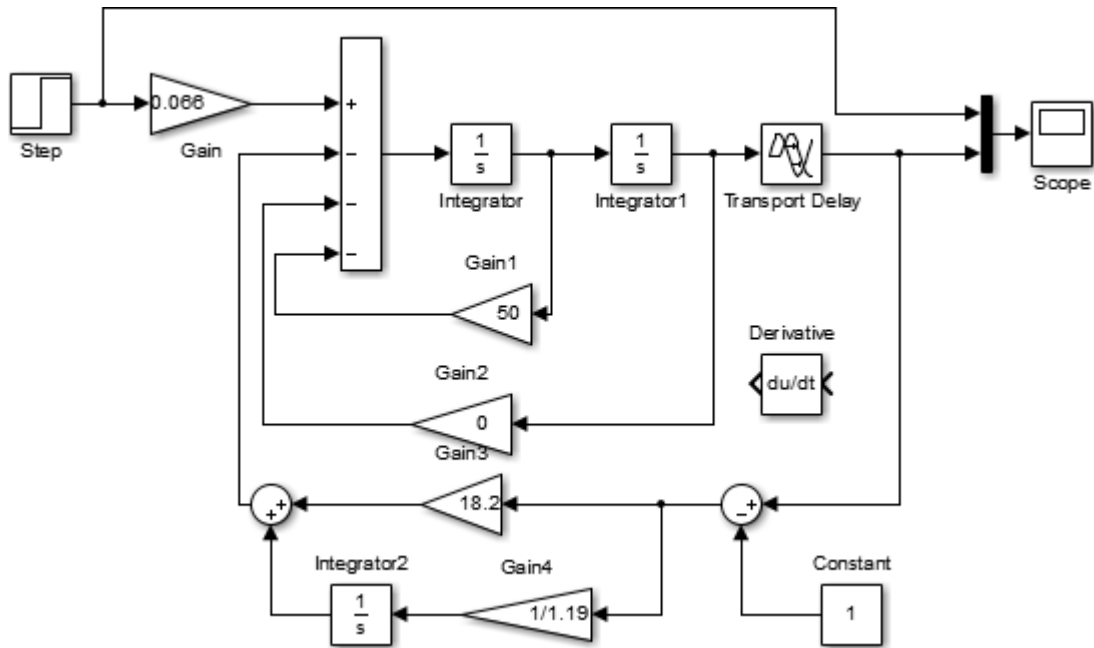


Рисунок 3.1 – Схема моделювання ПІ – регулятора

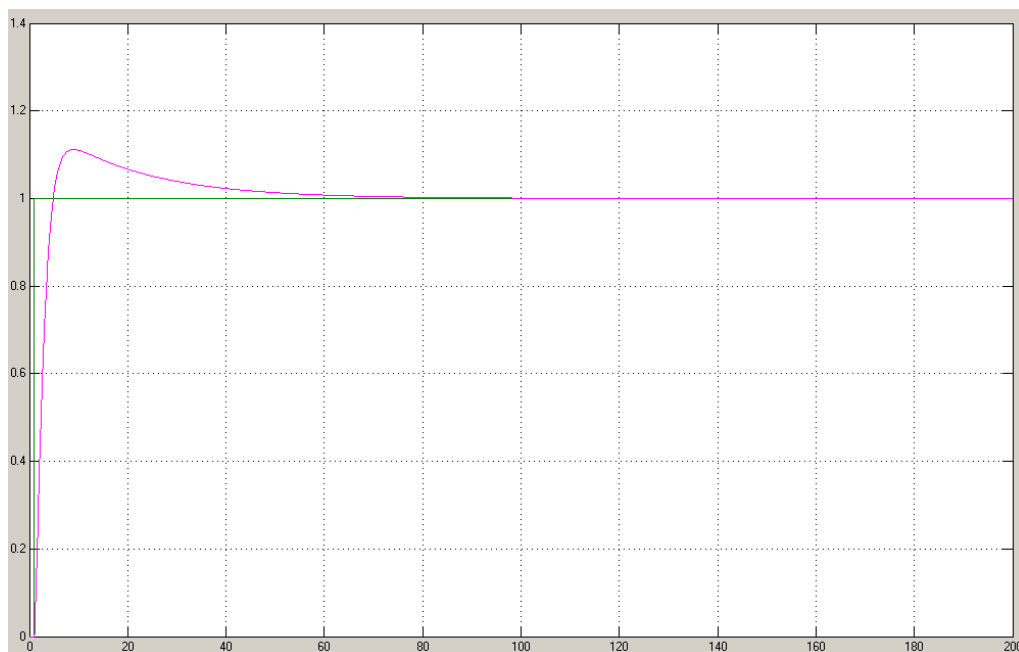


Рисунок 3.2 – Перехідний процес

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

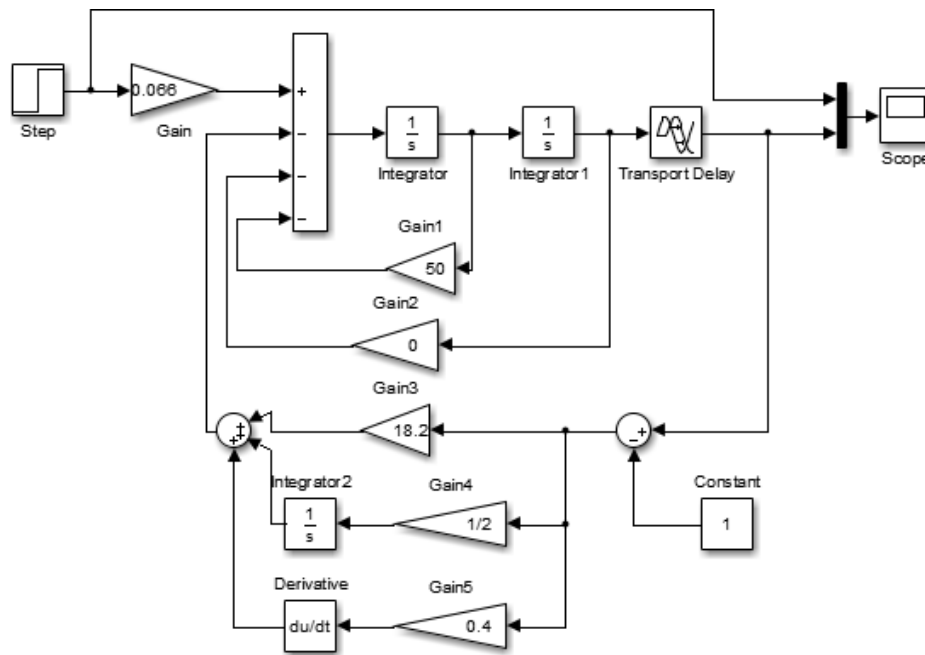


Рисунок 3.3 – Схема моделювання ПІ – регулятора

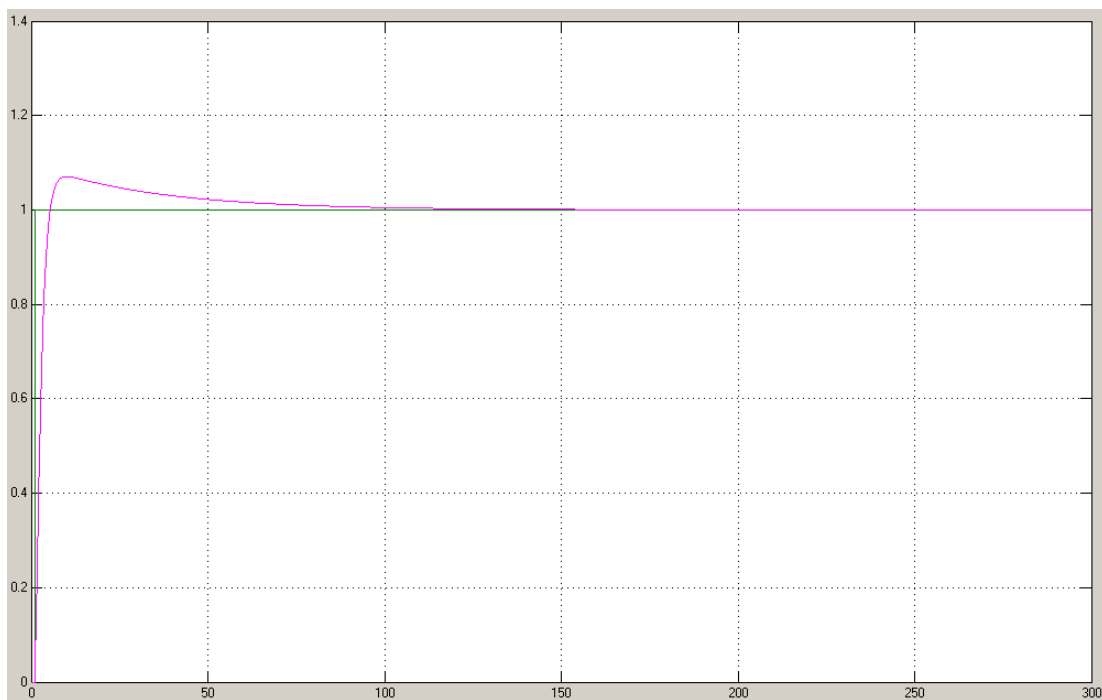


Рисунок 3.4 – Перехідний процес

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.

III – регулятор має достатньо не великий час переходного 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. Схеми моделювання та відповідні п.п. представлені на рисунках 3.5-3.12.

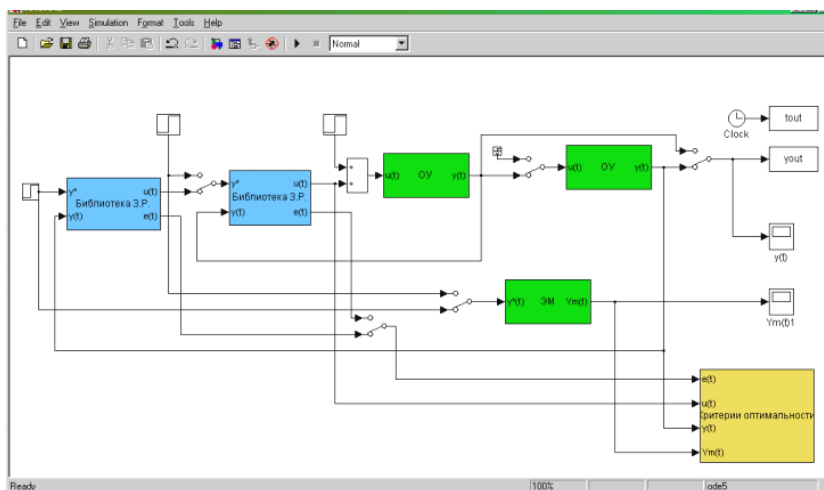


Рисунок 3.5 – Схема моделювання каскадної системи

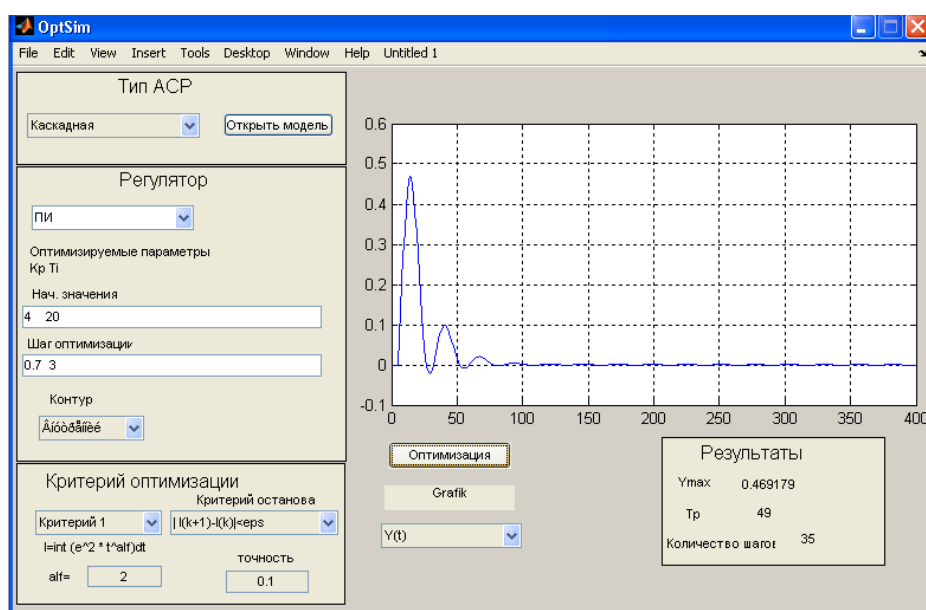


Рисунок 3.6 – Перехідний процес

Критерій 1:

$$K_p = 2,698437.$$

$$T_i = 18,921875.$$

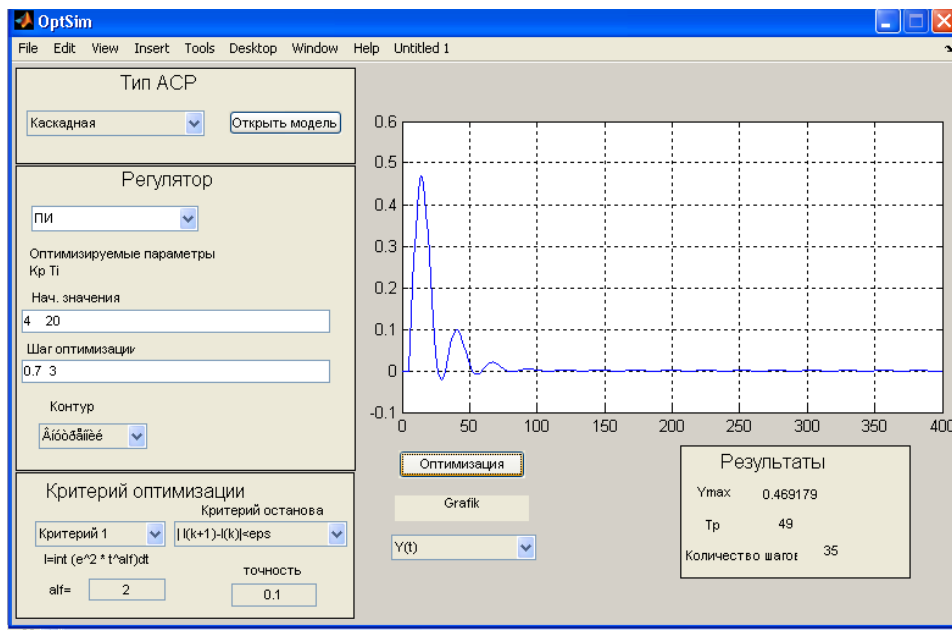


Рисунок 3.7 – Перехідний процес для критерію 1

Критерій 8:

$$K_p = 0,343750;$$

$$T_i = 283,000000.$$

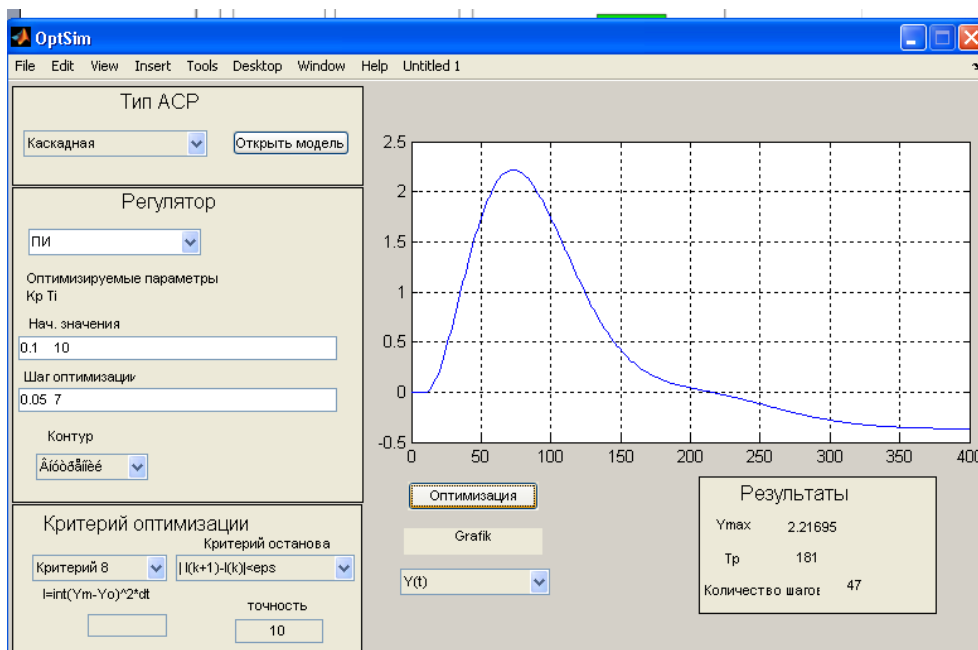


Рисунок 3.8 – Перехідний процес для критерію 8

Критерій 7:

$$K_p = 0,550000;$$

$$T_i = 57,25000.$$

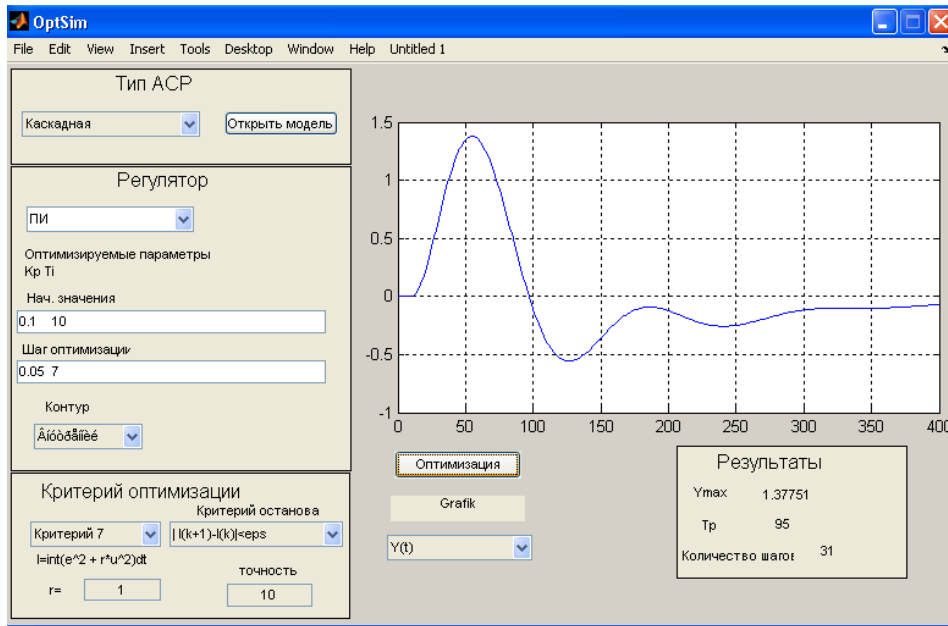


Рисунок 3.9 – Перехідний процес для

критерію 7 Каскадна САУ с двома регуляторами.

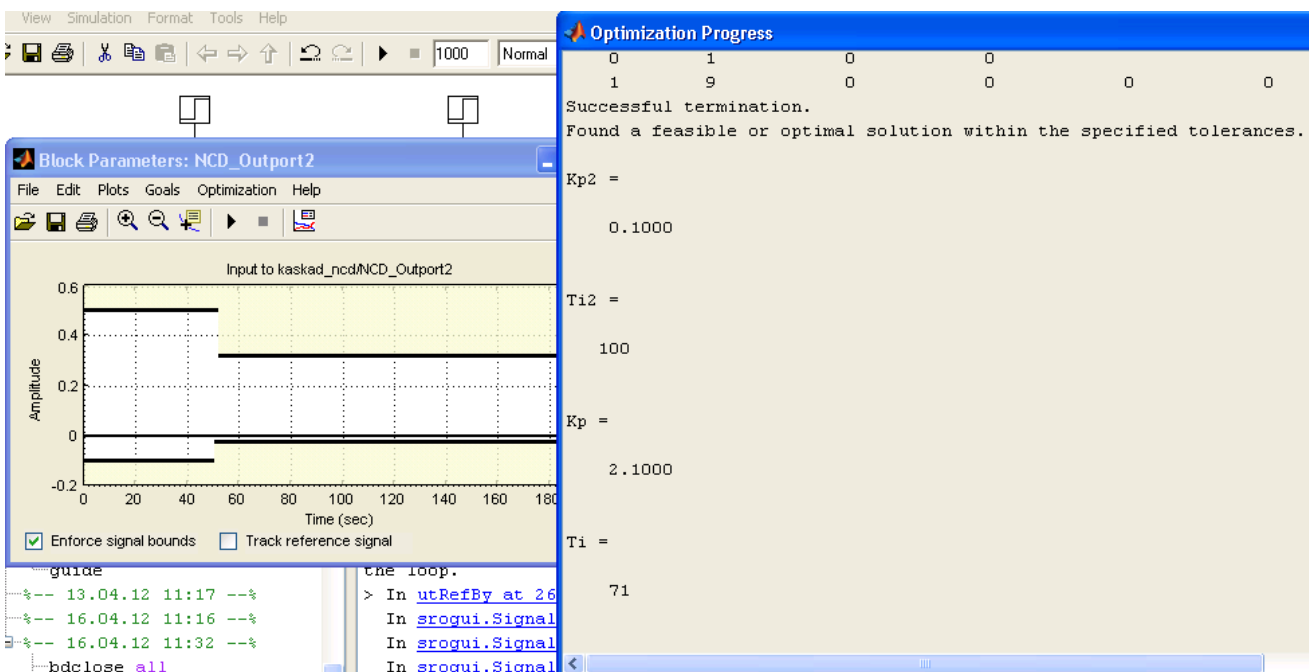


Рисунок 3.10 – Показники для внутрішнього контуру

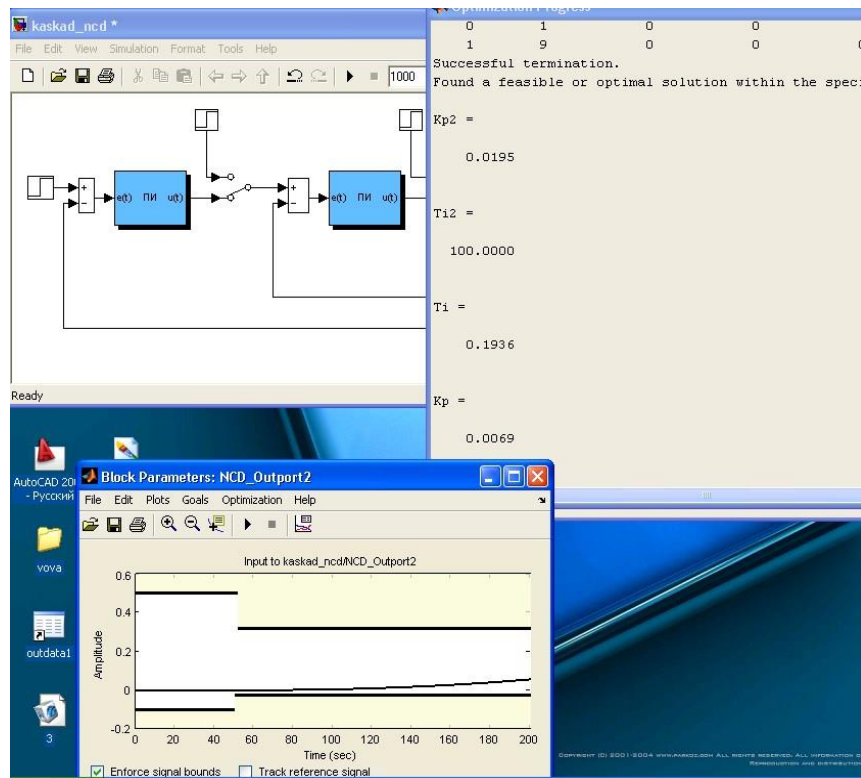


Рисунок 3.11 – Показники для зовнішнього контуру

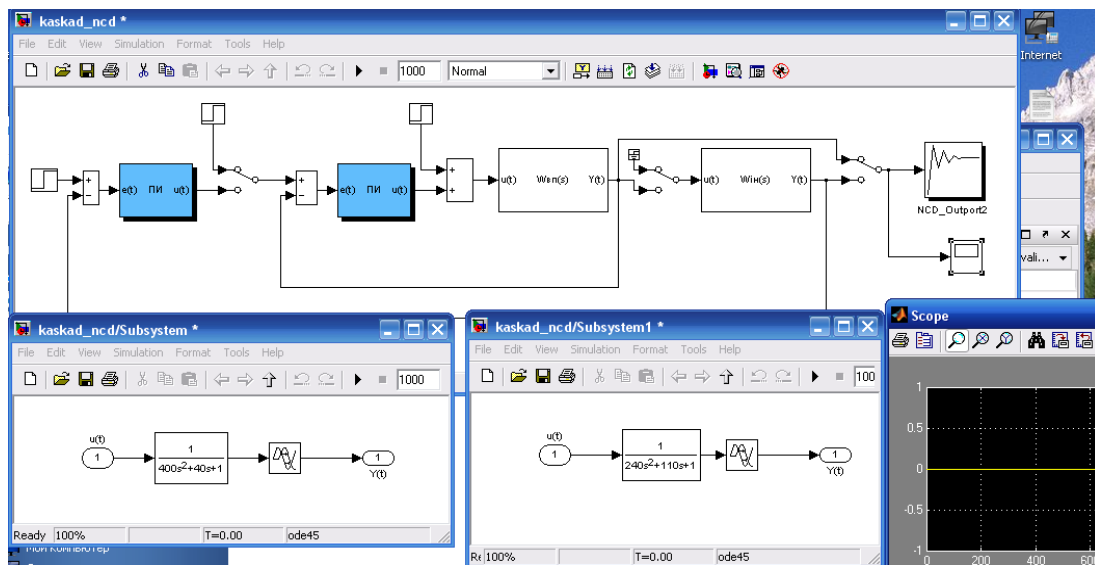


Рисунок 3.12 – Схема моделювання каскадної системи с двома регуляторами

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 контролера здійснюється на основі аналізу вихідних сигналів датчиків, що контролюють технологічні параметри і методів управління виконавчими механізмами, які отримують керуючий вплив від мікропроцесорного контролера, табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вхідні інформаційні сигнали

Найменування вхідного сигналу	Одиниці вимірювання	min	max
Температура води на охолодження фурм	°С	20	25
Температура рідкої сталі	°С	1550	1650
Температури димових газів	°С	500	700
Температура склепіння	°С	1650	1680
Температура повітря	°С	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. 3.2-3.4.

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 сгорання, CO, CO ₂ , O ₂	Газоаналізатор АКВТ-01	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Тиск води	Малогабаритний датчик тиску АІР-12S	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Тиск у робочому просторі	Малогабаритний датчик тиску Метран - 100ДИ	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Витрата повітря	Перетворювач диференційного тиску АІР-30-СД13	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Витрата природного газу	Перетворювач диференційного тиску АІР-30-СД13	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва
Витрата кисню	Перетворювач диференційного тиску АІР-30-СД13	4-20мА	ЕЛЕМЕР м.Москва

Таблиця 3.3 – Вихідні сигнали контролера

Найменування вихідного сигналу	Комутовані параметри	Тип сигналу
Температура рідкої сталі	~220В, 2А	Дискретний «сухий контакт»
Хімічний склад газів, які відходять	~220В, 2А	Дискретний «сухий контакт»
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. Єкатеринбург
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 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 (100Мбод), що вбудований в ЦПУ. Довжина цього волоконно-оптичного каналу без додаткового спеціального обладнання може сягати 2км. 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.

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

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

Приклад архітектури системи гарячого резерву наведений на рис 3.13.

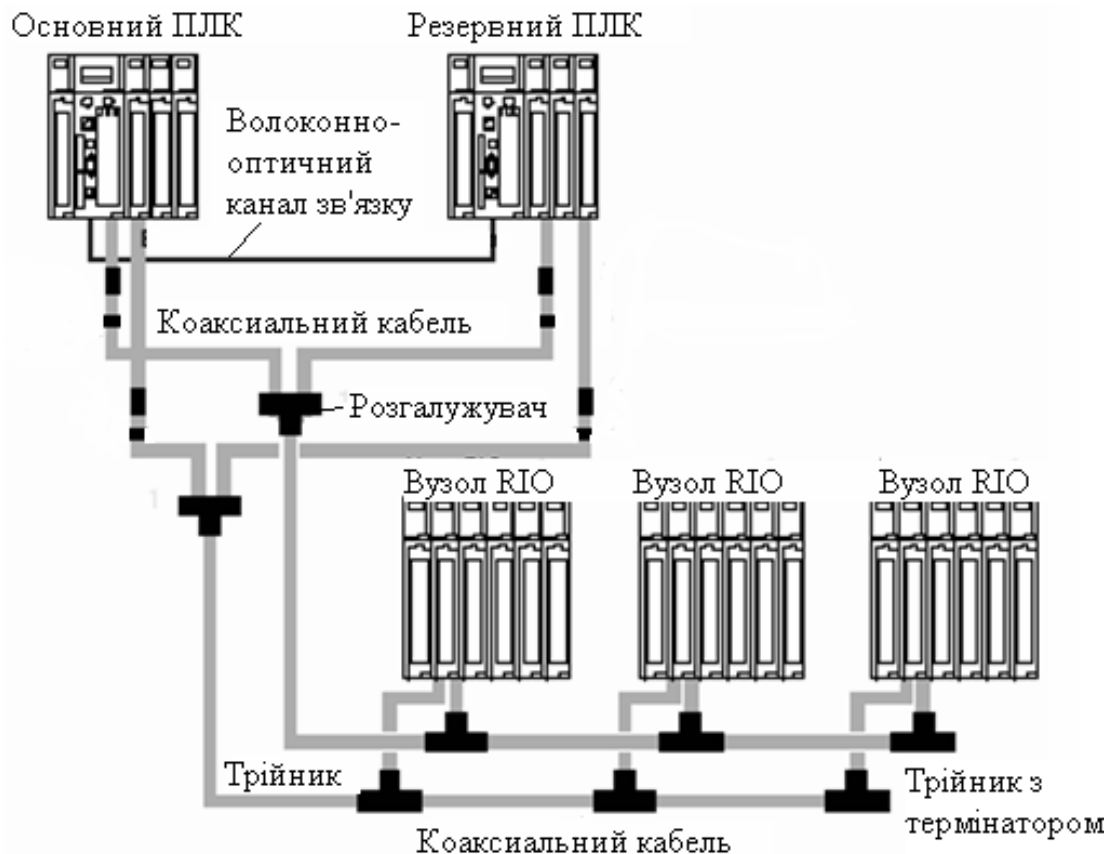


Рисунок 3.13 – Приклад архітектури системи гарячого резерву

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

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 керуючий вплив на тиск 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 вихідних сигнала : 8 каналів виводу = $0,35 \approx 1$ модуль 140 DRC 830 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 30,5 м.

3.5 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

Створено новий проект та обрано мову LD.

Підключено контролер у вікні PLS Configuration на рисунку 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 PLS Configuration через пункт Configure / I/O Map на рисунку 3.15.

Складено алгоритм програми з основних секцій (контакти, катушки та FBD блоків) зображено на рис. 3.17.

Необхідно активувати Variable (Змінна рис 3.16), Literal (Число) або Direct address (Пряма адреса) і вказати ім'я змінної, числове значення або пряму адресу.

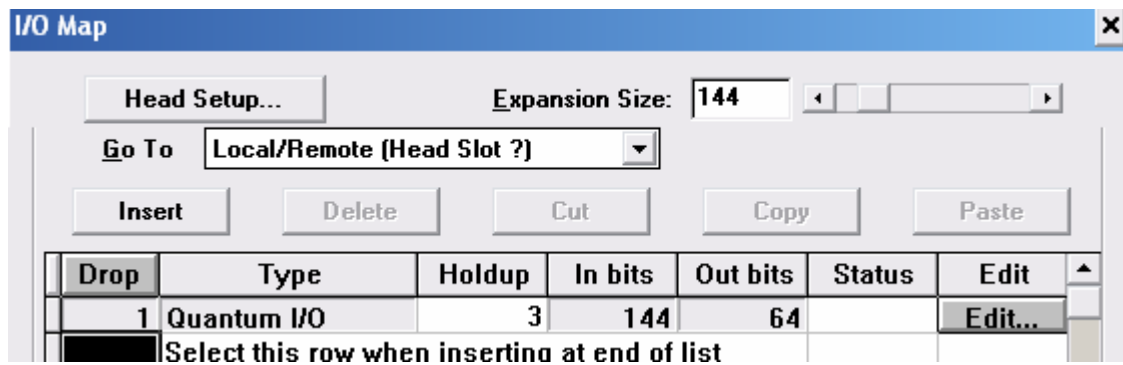


Рисунок 3.15 – Configure / I/O Map

Для завдання констант така сама послідовність дій.

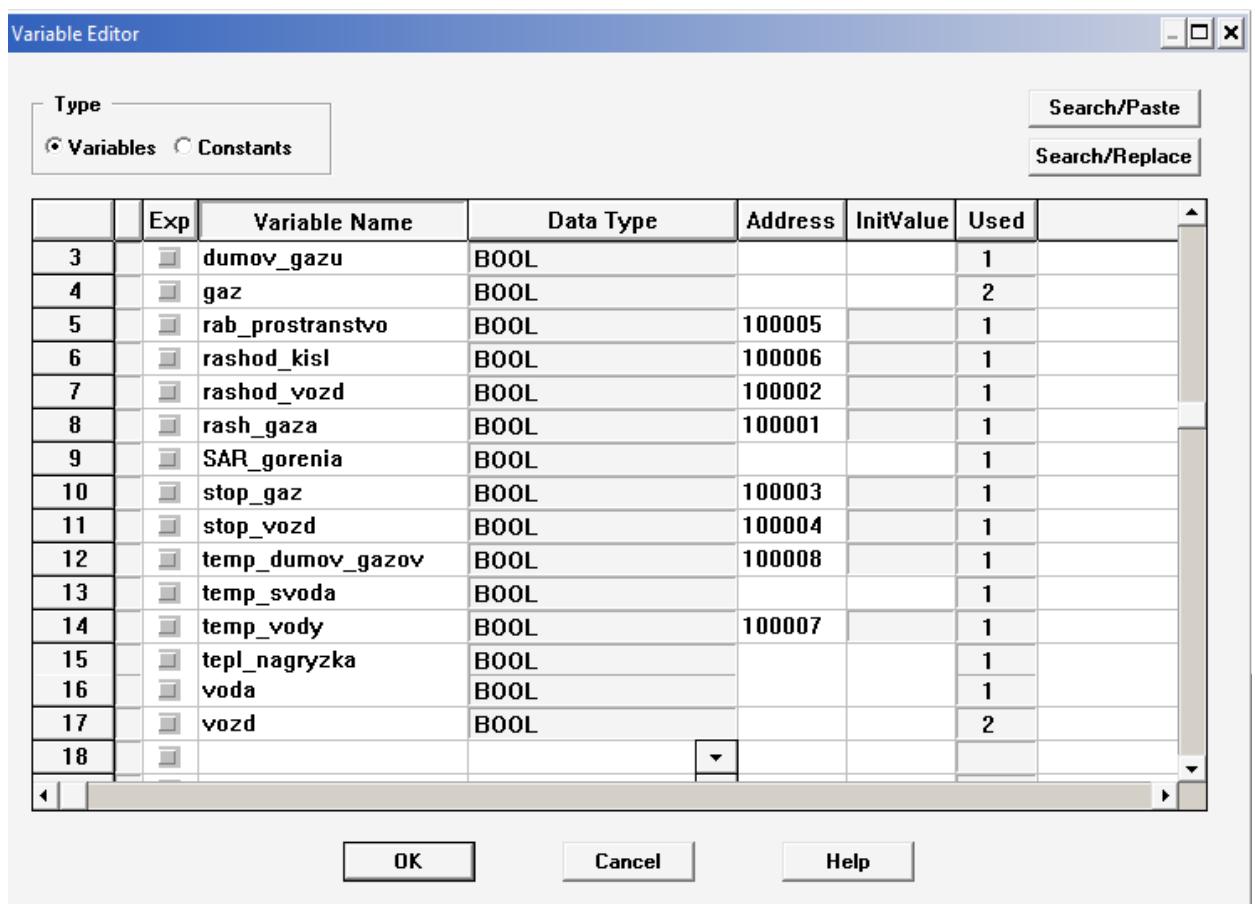


Рисунок 3.16 – Задання змінних

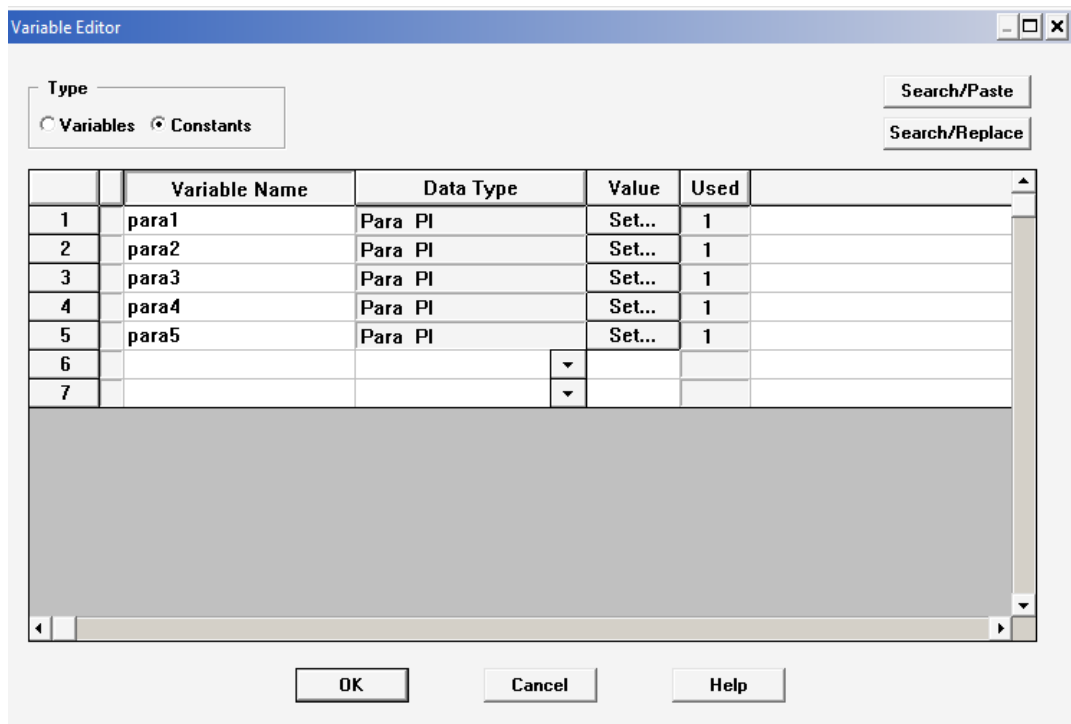


Рисунок 3.17 – Задання констант

Програма складається з декількох частин.

На рис. 3.18 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 пультах не буде відображатися інформація.

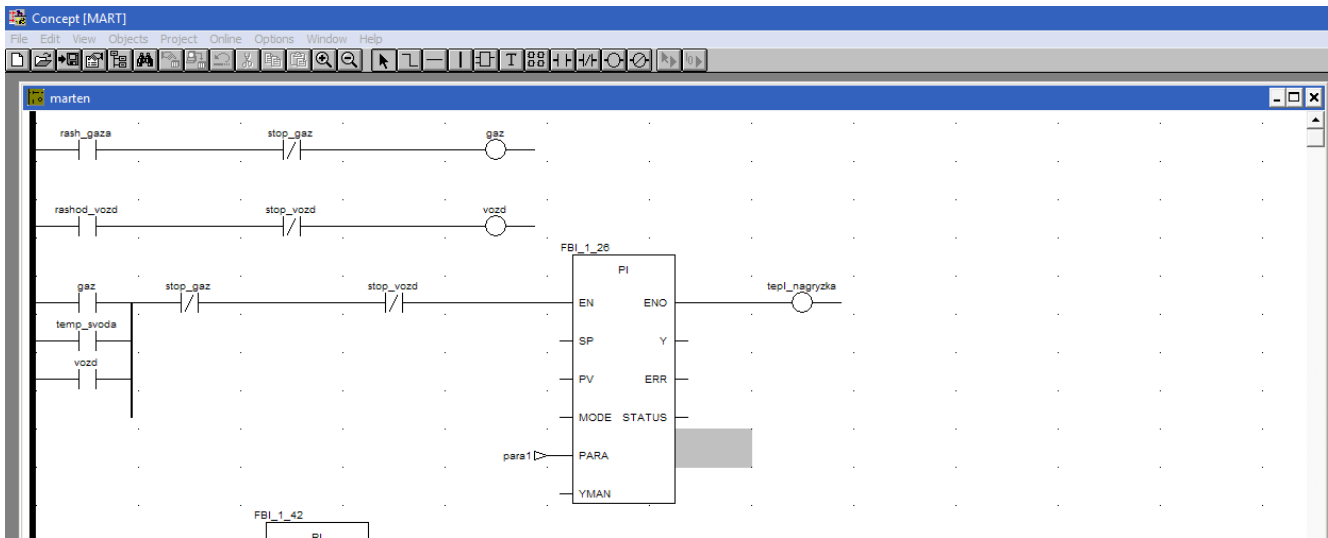


Рисунок 3.18 – Алгоритм регулювання САУ теплового навантаження

На рис. 3.19 Показники системи регулювання тиску у робочому просторі та САР горіння.

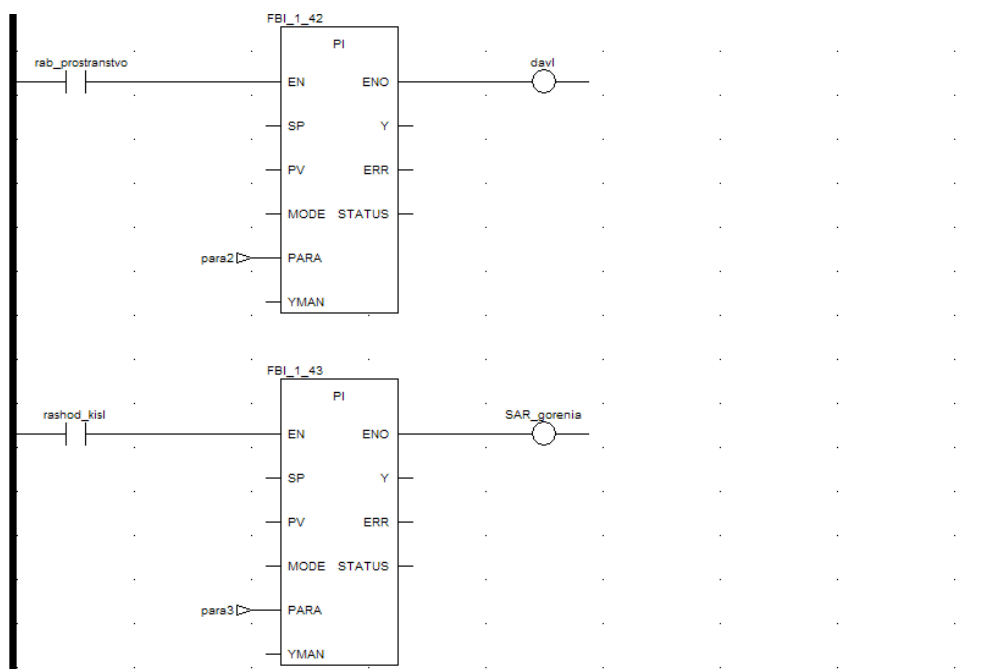


Рисунок 3.19 – Алгоритм регулювання тиску у робочому просторі та САР горіння

ПІ-регулятор є одним з найбільш універсальних регуляторів. Фактично ПІ-регулятор – це П-регулятор з додатковою інтегральною складовою. Складова 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.

На рис. 3.20 приведена система регулювання тиском та температурою води, яка необхідна для охолодження фурм.

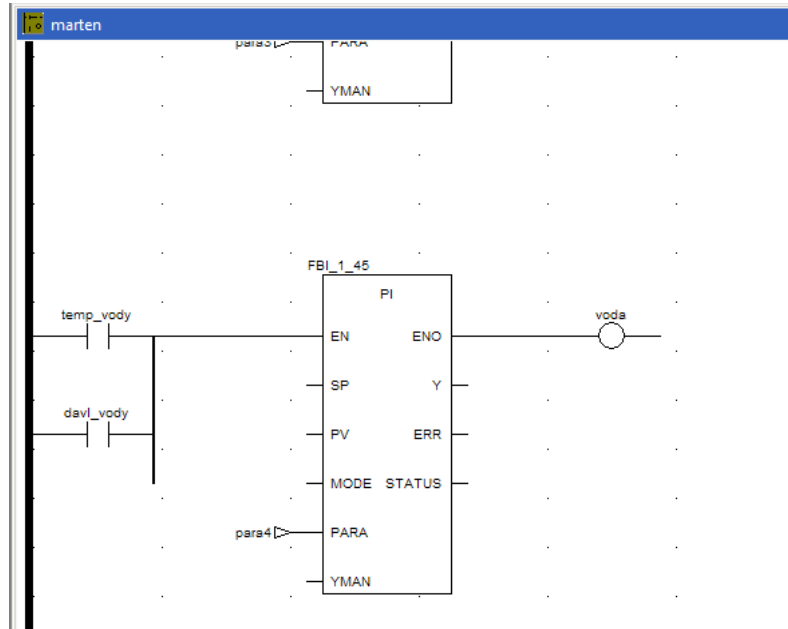


Рисунок 3.20 – Алгоритм регулювання тиском та температурою води

На рис. 3.21 зображено регулювання температури газів, які відходять у димову трубу.

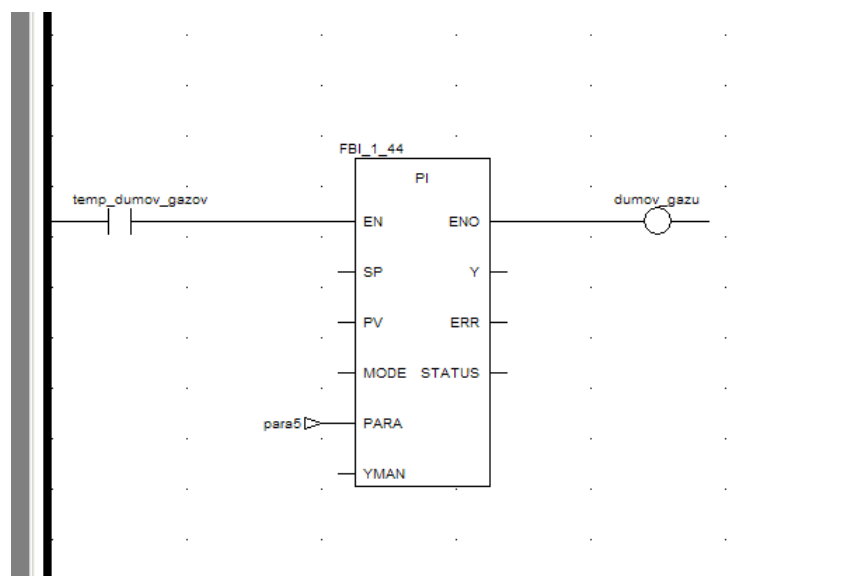


Рисунок 3.21 – Алгоритм регулювання температури димових газів

За допомогою меню Online->Download відкрила вікно завантаження проекту, позначила лівою клавшею миші позиції «IEC program section», «State RAM», «Initial values only» і натиснула кнопку Download, за допомогою якої запустила контролер.

Екрани проекту в процесі симуляції має наступний вигляд на рисунках 3.22 та 3.23.

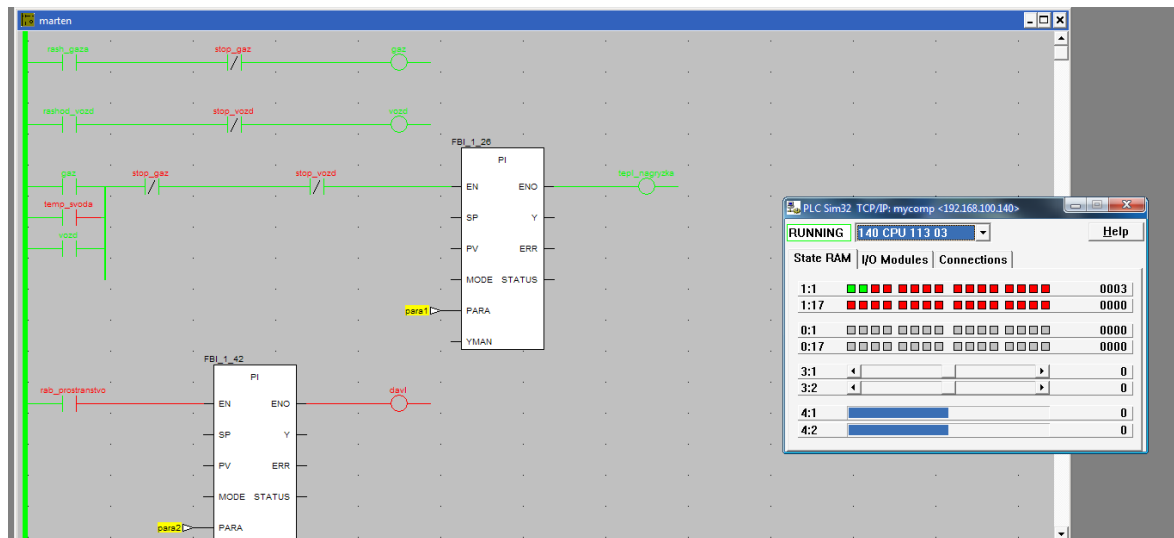


Рисунок 3.22 – Екран проекту в процесі симуляції(частина перша)

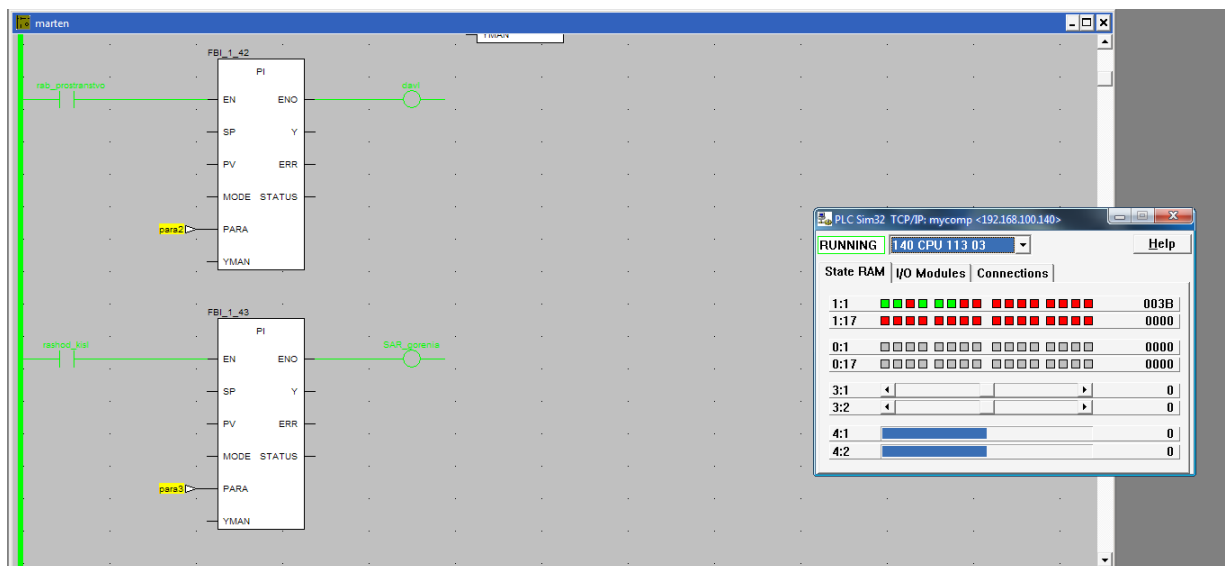


Рисунок 3.23 – Екран проекту в процесі симуляції (частина друга)

Para1, Para 2, Para 3, Para 4, Para 5 – коефіцієнти, в яких я задавала діапазон значень. Наприклад на даному рис. 3.24 зображено вікно зі значенням Para 3, яка

враховує, що витрата кисню повинна бути у діапазоні від 0 до 2500 м³/ч.

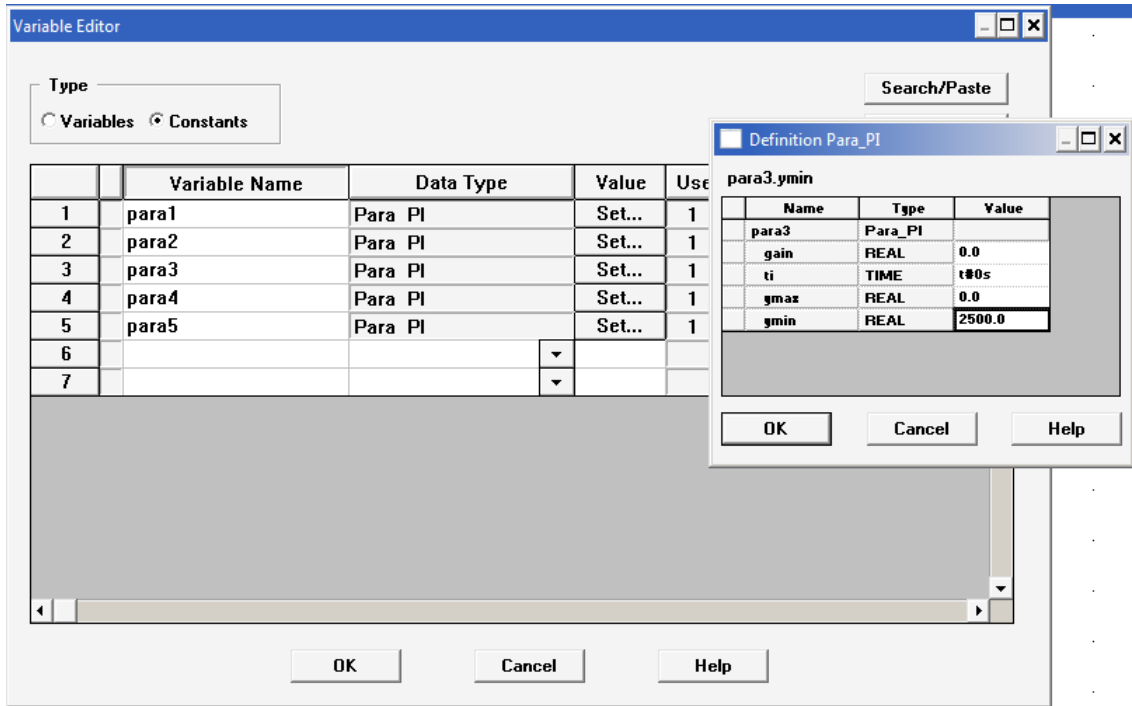


Рисунок 3.24 – Список констант та вікно конфігурування уставки

4 АНАЛІЗ РОБОТИ ВЕРХНЬОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4.1 Структура верхнього рівня АСУ ТП

Верхній рівень АСУ ТП – рівень оперативного технологічного персоналу, призначення для візуалізації управління технологічним процесом, збору інформації про його проходження і контролю стану обладнання.

На цьому рівні знаходяться:

- сервери агрегатного рівня SCADA – системи, розташованих по одному на кожному КРП. Кожен з серверів агрегатного рівня об'єднує в собі функції аварійного сервера, сервера архівації, сервера повідомлень і сервера обробки інформації;
- мультиклієнтські станції, які можуть контролювати роботу всіх серверів агрегатного рівня.

За своїм функціональним призначенням мультиклієнтські станції діляться наступним чином:

- автоматизовані робочі місця (АРМ) оператора – технолога, наявних на кожному КРП;
- АРМ змінного електромеханіка;
- АРМ майстра СОР;
- АРМ майстра КВП і А.

На кожному КРП організовані серверні частини агрегатного рівня. Операторські станції і контролери розташовані в окремих приміщеннях на постах управління. АРМ змінного електромеханіка знаходиться в приміщенні ВЦ ПТС. АРМ майстра КВП і А знаходиться в приміщенні центральної майстерні ділянки ПТС. АРМ майстра СОР знаходиться в приміщенні старшого майстра.

Структурна схема АСУ ТП мартенівської печі приведена на рисунку 4.1.

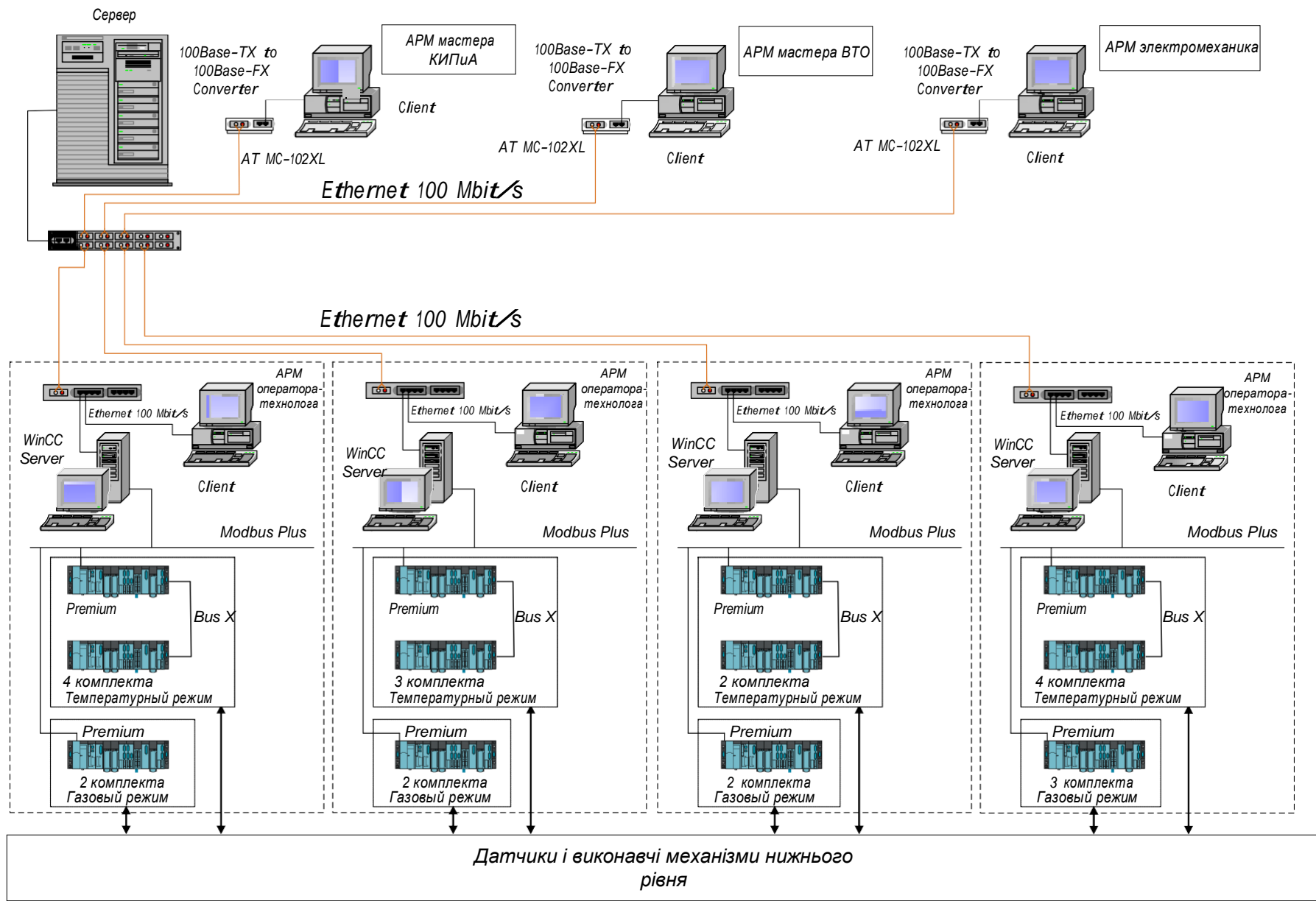


Рисунок 4.1 – Структурна схема АСУ ТП мартенівської печі

Отже, верхній рівень АСУ ТП є розподіленою, багатозадачною функціональною системою візуалізації і управління технологічним процесом з багатьма користувачами.

4.2 Принцип роботи обчислювальної системи

Система інформаційного забезпечення АСУ ТП мартенівського процесу має дворівневу схему будови. Рівні, з інформаційного призначенням, розподіляються наступним чином:

- перший інформаційний рівень – рівень локальної автоматики;
- другий інформаційний рівень – агрегатний рівень.

Інформація, що збирається автоматично від аналогових датчиків, установлених на об'єктах управління (трубопроводах, в електричних ланцюгах і всередині печі) надходить на модулі локальних ПЛК і проходить в них цифрову обробку. Відпрацьовані завдання програмами контролерів видаються на виходи ПЛК і передаються на виконавчі механізми.

Одночасно вихідна інформація з локальних контролерів поступає на агрегатні сервери, що відстежують, для програмної обробки та здійснення корекції технологічного процесу виплавки сталі. Сервери верхнього рівня передають поточну оброблену інформацію у вигляді цифрових сигналів, різних екранних форм, екранних звітів і друкованих документів на локальні АРМ.

Таким чином, обчислювальний комплекс АСУ ТП являє собою розподілену структуру, що включає сервери агрегатного рівня, мультиклієнтські станції і мережу програмованих контролерів.

Верхній рівень автоматизації служить для виконання агрегатного управління одним КРП і всім комплексом мартенівського процесу в цілому.

Взаємозв'язок між рівнями АСУ показана на схемі спільного функціонування (рис. 4.2).

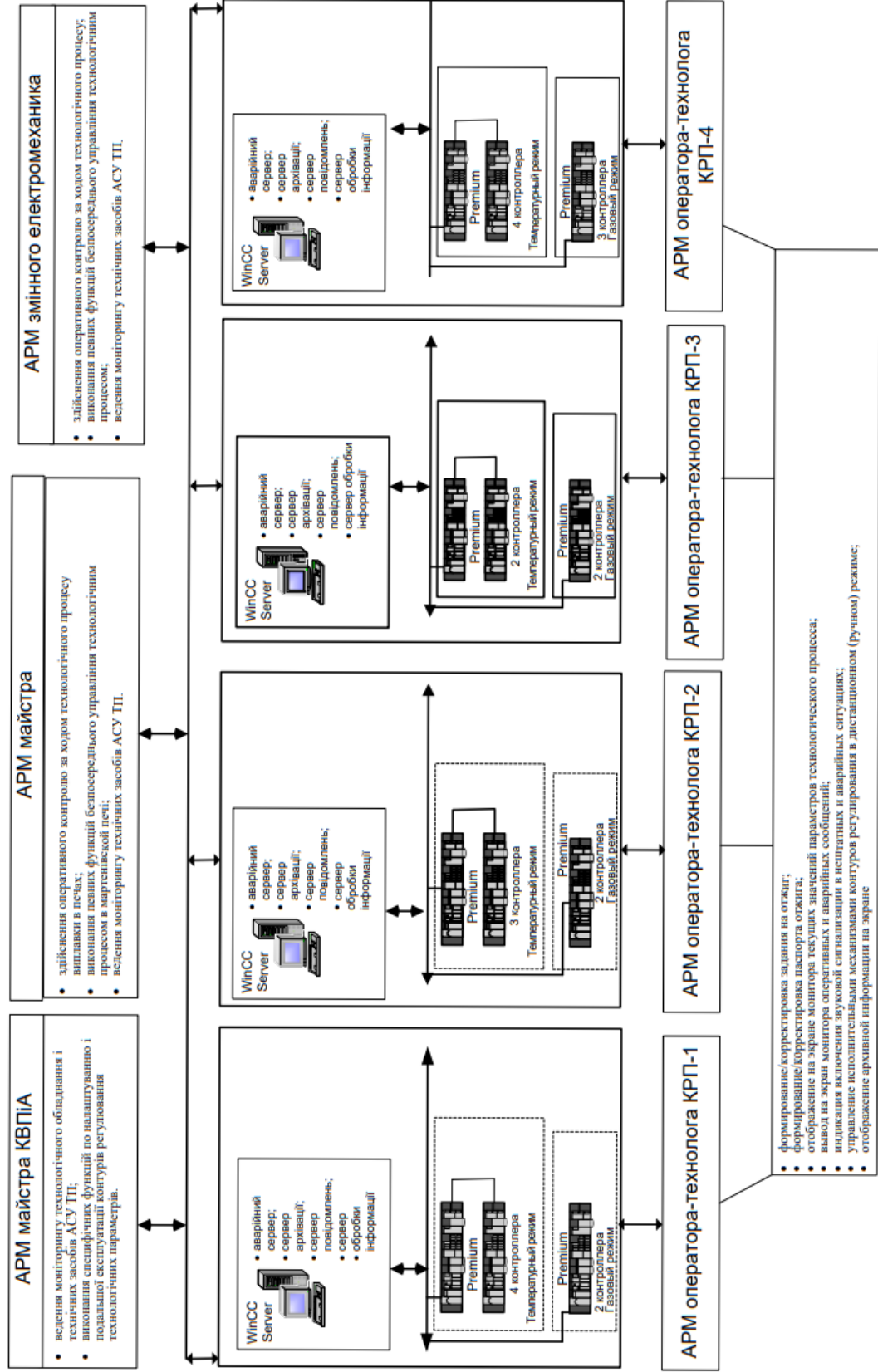


Рисунок 4.2 – Верхній рівень автоматизованої системи управління мартенівським процесом

Система верхнього рівня АСУ ТП мартенівського процесу на агрегатних серверах реалізує наступні функції:

- візуалізація і реєстрація інформації про готовність мартенівської печі до роботи або збоїв при підготовці. Ця функція виконується у вигляді відповідних повідомлень на моніторах АРМ технологів;

- візуалізація і реєстрація поточного стану технологічного процесу. Ця функція виконується у вигляді відповідних повідомлень на моніторах АРМ технологів: завдання на виплавку, розбиття завдання температурного і газового режимів, поточний стан тех. процесу і газового обладнання;

- видача попереджувальних сигналів і повідомлень оператору-технологу в разі виявлення відхилень технологічного процесу або несправності обладнання. Ця функція виконується у вигляді відповідних світлових і звукових сигналів і відповідних написів на моніторах всіх АРМ;

- візуалізація поточного стану технологічного процесу на даному КРП в цілому. Ця функція виконується на моніторах всіх АРМ у вигляді відеокадрів стану мартенівської печі;

- формування аварійних повідомлень. Функція виконується на моніторах всіх АРМ у вигляді відеокадрів стану печі з ініціалізацією конкретної причини;

- архівування діагностичних, робочих, попереджувальних і аварійних повідомлень. Функція виконується для: архівування повідомлень системи діагностики контролерів, архівування повідомлень системи діагностики керуючих програм, архівування повідомлень по класах (робочі, попереджувальні, аварійні), архівування повідомлень про параметри, що вимірюються, архівування даних про температурні режими мартенівської печі;

- формування поточної і звітної документації. Функція виконується видачею інформації в друкованому вигляді та архівуванням на сервері;

- взаємодія з продуктивним сервером системи спостереження верхнього рівня. Функція передбачає оперативну передачу подій, пов'язаних з процесом відпалу, передачу фактичних технологічних даних процесу, прив'язаних до

даного процесу, а також організацію буфера тимчасового зберігання даних на період непрацездатності до чотирьох годин сервера верхнього рівня;

– обробка завдань на виплавку. Включає, отримання завдань на виплавку з верхнього рівня, ручну корекцію даних завдання оператором – технологом, і перетворення завдання в набір уставок для управління технологічним процесом.

Інтерфейс НМІ («людина – машина») дає можливість вести контроль технологічного процесу АСУ ТП мартенівського процесу з будь-якої операторської станції.

АРМ операторів – технологів дозволяють оперативно вести процес підготовки і вибору режимів мартенівського процесу. Наявність системи візуалізації технологічного процесу дозволило повністю відмовитися від вторинних показуючих і реєструючих приладів.

АРМ майстра КВП і А і електромеханіка здійснюють тільки спостереження за мартенівським процесом і оперативно надають діагностичну інформацію про стан технічних засобів і технологічного процесу своїм користувачам.

Датчики і механізми нижнього рівня і контролер здійснюють інформаційний обмін за допомогою дискретних сигналів для релейно-контакторної апаратури і аналогових сигналів перетворювачів по дротовому зв'язку.

Реалізація мережі «Modbus Plus» з боку модулів процесорів ПЛК через PCMCIA карт моделі «TSX MBP 100», а з боку ПК агрегатного сервіру SCADA системи WINCC - картою моделі 416NHM30030. Дана плата встановлюється в спеціальний слот на процесорах або співпроцесор.

Мережа Modbus Plus є високоефективною промисловою локальною мережею, яка може працювати з розширеною архітектурою типу «клієнт-сервер», має високу швидкість передачі даних (1 Мбіт/с), простими і економічними функціями передачі і декількома сервісами обробки повідомлень.

Нижній і верхній рівні об'єднані мережею «Modbus Plus» (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Характеристики сети Modbus Plus

Структура	Тип	Промислова шина
	Фізичний інтерфейс	RS 485
	Спосіб доступу	Шина з передачею маркера
Передача	Режим	Синхронний протокол HDLC
	Швидкість передачі	1Мбит/с
	Середа	Вита пара, волокняно-оптичний кабель
Конфігурація	Кількість пристроїв	Не більше 64 на 1800 м витой пари 32 на сегмент
	Кількість адрес	Не більше 64 пристроїв на сегмент
	Довжина шини	Не більше 450 м на сегмент, Не більше 1800 м с 3 повторювачами
	Кількість сегментів	В каскаді: не більше 5 з використанням мостів Modbus Plus BP85
Сервіс	Глобальна база даних	- загальна база даних 4096 байт - цикличний обмін з широковещувальною передачею 32 слів
	Одноранговий діалог	Сервіси читання/запису (об'єм запитів: 100 регістрів на транзакцію)
	Peer Cop	Сервіс циклічного обміну: 500 слів на станцію при широковещуванні або «точка-точка»

До основних функцій обміну даними між усіма, підключеними до мережі, пристроями відносяться:

- функція обміну повідомленнями по протоколу Modbus;
- функція глобальної бази даних (сервіс спільно використовуваної таблиці, періодичним, керованим додатком: станція, яка захопила маркер, може направити 32 слова 63 інших станцій, приєднаним до мережі).

Структура програмного забезпечення верхнього рівня АСУ ТП мартенівського процесу передбачає використання на різних інформаційних рівнях свої операційні системи, які об'єднуються в єдину інформаційну мережу, використовується для цієї мети мережевий протокол Ethernet TCP / IP. Для реалізації АСУ ТП СОТ використовується типове програмне забезпечення:

- OS «Windows 2000» Server;
- OS «Windows 2000 Professional» workstation.

АРМ АСУ ТП мартенівського процесу об'єднані мережею Ethernet за допомогою двухшвидкісних мережевих карт моделі «Fast Ethernet-3Com-905C-TX-NM-PCI 10 / 100Mb». Оскільки протяжність мережі Ethernet між АРМ значна (більше сотні метрів) і схильна до сильного впливу електромагнітних полів, то реалізація її виконана волоконно-оптичної магістраллю.

Обґрунтованість вибору мережі Ethernet визначалася порівнянням характеристик існуючих мереж на сьогоднішній день (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Порівняльні характеристики протоколів зв'язку

Тип мережі	Швидкість, Мбіт/с	Максимальна кількість станцій	Тип кабелю	Примітка
ARCnet	2,5	255	RG-62 коаксильний UTP/Type 1 STP	Практично не використовується; використовується для заміни IBM 3270
Ethernet	10	На сегмент: 10BaseT – 2 10Base2 – 30 10Base5 – 100 10BaseFL – 2	UTP Cat3 (10BaseT), коаксильний (10Base5), Thinnet (RG-58 коаксильний; 10Base2 волоконно-оптичний 10 BaseF)	Витісняється Fast Ethernet, можна підключитися до Fast Ethernet через двухшвидкісний пристрій
Fast Ethernet	100	На сегмент - 2	UTP Cat3	Можно підключитися до Ethernet через двухшвидкісний концентратор, перемикач або маршрутизатор
Token Ring	4 або 16	72 (UPT) , 250-260 (Type 1 STP)	UTP, Type 1 STP волоконно-оптичний	Потребує достатньо дороге обладнання; використовується в мейнстрімаї IBM

Ethernet TCP / IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol-протокол управління передачею / міжмережевий протокол) – комунікаційна мережа використовує для роботи протокол управління передачею з розширенням RFC 1006, відповідному 4 рівню моделі ISO.

RFC 1006 розширює протокол TCP можливістю передачі блоків даних (повідомлень). Передача особливо надійна завдяки автоматичному повторенню і додатковому механізму перевірки блоків. Комунікаційний

партнер підтверджує прийом даних, а передавальний приймає значення по інтерфейсу.

Стандарт Fast Ethernet з'явився пізніше стандарту Ethernet – в 1995 році. Його розробка в першу чергу була пов'язана з вимогою підвищення швидкості передачі інформації.

Однак перехід з Ethernet на Fast Ethernet дозволяє не тільки підвищити швидкість передачі, але і істотно відсунути межі перевантаження мережі (що зазвичай набагато важливіше). Тому популярність Fast Ethernet стає дедалі більше.

Разом з тим треба враховувати, що стандартні сегменти Fast Ethernet мають свої особливості і недоліки, які далеко не очевидні, але які обов'язково треба враховувати. Творці Fast Ethernet зробили всі можливе для полегшення переходу на нову швидкість, однак, в якомусь сенсі Fast Ethernet – це вже інша, нова мережа.

Якщо порівнювати набір стандартних сегментів Ethernet і Fast Ethernet, то головна відмінність – повна відмова в Fast Ethernet від шинних сегментів і коаксіального кабелю. Залишаються тільки сегменти на кручений парі і оптоволоконні сегменти.

Стандарт 100BASE-TX визначає мережу з топологією пасивна зірка і використанням зведеної крученої пари. Однак, в цьому випадку необхідне застосування кабелів з неекранованими крученими парами (UTP) категорії 5 або вище, що пов'язано з необхідною пропускною спроможністю кабелю. В наш час – це найпопулярніший тип мережі Fast Ethernet.

Для приєднання кабелів так само, як і в разі 10BASE-T використовується 8-контактні роз'єми типу RJ-45. Довжина кабелю так само не може перевищувати 100 метрів (стандарт рекомендує обмежуватися довжиною сегмента в 90 метрів, щоб мати 10-відсотковий запас). Так само використовується топологія – пасивна зірка з концентратором у центрі.

Застосування оптоволоконного кабелю в сегменті 100BASE-FX дозволяє істотно збільшити протяжність мережі, а також позбутися електричних наведень і підвищити секретність інформації, що передається.

Апаратура 100BASE-FX дуже близька до апаратури 10BASE-FL. Так само тут використовується топологія пасивна зірка з підключенням комп'ютерів до концентратора за допомогою двох різноспрямованих оптоволоконних кабелів.

Максимальна довжина кабелю між комп'ютером і концентратором становить 412 метрів, причому це обмеження визначається не якістю кабелю, а встановленими тимчасовими співвідношеннями. Відповідно до стандарту, використовуються мультимодові або одномодові кабелі з довжиною хвилі світла 1,35 мкм. В останньому випадку втрати потужності сигналу в сегменті (в кабелі і роз'ємах) не повинні перевищувати 11 дБ. При цьому треба враховувати, що втрати в кабелях складають 1 – 2 дБ на кілометр довжини, а втрати в роз'ємі – від 0,5 до 2 дБ (за умови, що роз'єм встановлений якісно).

Як і в інших сегментах Fast Ethernet, в 100BASE-FX передбачений контроль цілісності мережі, для чого в проміжках між мережевими пакетами по кабелю передається спеціальний сигнал. Цілісність мережі відображається світлодіодами «Link». Використовуваний метод кодування – 4В/5В (як і в сегменті 100BASE-TX), що дозволяє досить просто здійснювати сполучення цих двох сегментів (іноді вони навіть об'єднуються в єдиний стандарт 100BASE-X). Використовується кодування – NRZI.

Функція автоматичного визначення типу мережі (або швидкості передачі), передбачена стандартом Ethernet, не є обов'язковою. Однак її реалізація в мережевих адаптерах і концентраторах дозволяє істотно облегшити життя користувачам мережі. Особливо це важливо на сучасному етапі, коли широко застосовуються як рання версія Ethernet зі швидкістю обміну 10 Мбіт/с, так і більш пізня версія Fast Ethernet зі швидкістю 100 Мбіт/с.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

5.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівника мартенівського цеху

На робітника в мартенівському цеху негативно можуть впливати наступні чинники:

- надмірна запиленість повітря;
- шум, що перевищує допустимі норми;
- теплове і інфрачервоне випромінювання;
- вібрація;
- наявність шкідливих домішок, газів вище ГДК.

В мартенівському цеху існує фактор випромінювання. Його джерелом є:

- факел полум'я;
- нагріта до високої температури вогнетривка футеровка внутрішнього простору печі і поверхня розплавленого металу (або шлаку), вплив яких проявляється при відкритих вікнах печі;

- чавун, що заливається;
- рідкий шлак, який вкачується з печі;
- розплавлений метал при випуску та розливання сталі.

Температура джерела випромінювання перевищує 500°C , тому спектр випромінювання містить світлові та інфрачервоні промені. Інтенсивність опромінення знаходиться в межах: від 0,01 до $10,5 \text{ кВт} / \text{м}^2$ при нормі 0,140.

Систематичний тривалий вплив випромінювання та високої температури порушують водно-сольовий баланс робітника цеху, що призводить до судомної хвороби. Також це призводить до захворювання під назвою теплової гіпотермія.

У виробничому приміщенні мартенівського цеху утворюється велика кількість пилу. Його джерелом є мартенівські печі та ДСА №1. Висока температура в робочому просторі призводить до випаровування металу і шлаку і подальшої конденсації з утворенням пилу дрібних фракцій. Завдяки

тому, що у печі створюється постійний надлишковий тиск, частина газів та пилу виходять через вікна та інші нещільності. Також пил утворюється при заливці чавуну в піч, випуск, розкисленні, розливанні сталі і також завдяки різним операціям, що проводяться в цеху. Кількість пилу, який виділяється, його хімічний і гранулометричний склад залежать від складу і властивостей шихтових і заправних матеріалів, палива, кисню і застосовуваних для футеровки вогнетривів.

Пил проникає в організм робітника при диханні, при ковтанні і через пори шкіри. Цей фактор може викликати різні професійні захворювання. Пил який виробляється мартенівською піччю відноситься до пилу неорганічного походження. До її складу можуть входити:

- залізо;
- хром;
- нікель;
- марганець;
- мідь.

Концентрація цих речовин надає токсичний вплив на організм робітника цеху.

В ході процесу виплавки сталі також виділяються газоподібні речовини, які негативно впливають на здоров'я робітника цеху. При порушеннях газодинамічних параметрів процесу виділяються гази. Також газ може просочуватися при порушенні цілісності та щільності вогнетривкої кладки окремих елементів конструкції головок, склепіння, шлаковиків або регенераторів печі.

У повітря робочої зони потрапляють такі газоподібні речовини: CO, SO₂, NO і ін. Найбільш небезпечний газ – оксид вуглецю, який є продуктом неповного згоряння палива або утворюється в результаті фізико-хімічних реакцій в процесі плавки. Оксид вуглецю є також складовою частиною коксового газу, що йде на опалення мартенівської печі. При виявленні виділень або скупчень газу негайно вживають заходів щодо припинення

допуску в газонебезпечні зони людей і локалізації джерела виділення газу. Оксид вуглецю надходить в організм людини через дихальні шляхи. Через утворення карбоксигемоглобіну різко знижується здатність крові переносити кисень до тканин, може наступити кисневе голодування. Головним чином, це впливає на функції центральної нервової системи. Сірчаний ангідрид володіє дратівливою дією. При контакті з біологічними органами він викликає запальну реакцію, причому в першу чергу страждають органи дихання, шкіра і слизові оболонки очей.

При виконанні деяких операцій мартенівського процесу виникає шум різного роду походження:

- механічного;
- аеродинамічного;
- термічного (рух кранів, завалювальних машин, рух газових потоків в печі і газоходах і т.п.).

Вібрації – це коливання тіл з частотою менше 20 – 16 Гц. Підвищення частоти коливань віброуючих тіл викликає шум. При тривалій дії струсів великої частоти і амплітуди у робітника цеху може виникнути вібраційна хвороба. Це захворювання що вражає нервово-м'язову і серцево-судинну системи людини і веде до пошкодження суглобів. При цьому може бути повна втрата працездатності. За санітарними нормами шкідливість вібрації, вимірюваних на поверхнях, з якими контактують руки робочих оцінюється по спектру віброшвидкостей в діапазоні частот від 11 до 2800 Гц.

Робота в мартенівському цеху за енерговитратами відноситься до категорії Пб – середньої тяжкості.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів та карта умов праці для робочого місця працівника мартенівського цеху представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Аналіз шкідливих і небезпечних факторів та карта умов праці для робочого місця працівника мартенівського цеху

Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі на небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора, %
			1ст.	2ст.	3ст.	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
I клас безпеки Cr	0,01	0,059		11,6р		80
Ni	0,05	0,015				80
II клас безпеки			2,85р	13,7р		
III клас безпеки CO	2,0	7,4				80
SO ₂	10,0	28,5				80
Пил, мг/м ³	4	180			45,1р	80
Вібрація, дБ						
Шум, дБа	80	96		16		80
Мікроклімат в цеху:						
Температура повітря, °C	20 – 22	25 – 30				
Швидкість руху повітря, м/с	0,3 –	0,5 – 1,0				
Відносна вологість повітря, %	0,7	45				
75						
Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	2200			2200	100
Важкість і напруженість праці	Категорія важкості праці – середньої тяжкості Категорія напруженості праці – напружена.					

5.2 Заходи з поліпшення умов праці

Для того, щоб захистити робітників мартенівського цеху від теплового випромінювання та створення для них необхідних умов праці застосовується такі методи захисту:

- теплову ізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло;
- прискорене проведення операції, пов'язаних з відкриванням вікон, заливкою чавуну, скачуванням шлаку, випуском і розливанням сталі;
- теплову ізоляцію і охолодження робочих місць;
- природну і механічну вентиляцію; спецодяг та інші засоби індивідуального захисту.

Для того, щоб зменшити викиди пилу та газу повинні дотримуватися

оптимальні газодинамічні параметри роботи печей, повинні усуватися вибивання полум'я з печі, знижуватись тривалість операцій, пов'язаних з виділенням пилу.

Для зменшення та захисту робітників від вібрацій та шуму потрібно ізолювати кімнати відпочинку та робочі приміщення. Для зниження шуму агрегатів використовують звукоізолюючі кожухи, в які поміщують або весь агрегат, або його шумливі вузли. Ослаблення шуму газопроводів досягають плавністю руху повітряного потоку, плавними переходами в місцях зміни напрямку трубопроводу, застосуванням глушників. [ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві]

В основних металургійних цехах необхідність інтенсивного повітрообміну обумовлена виділенням великої кількості надлишкового тепла і газів.

Потрібне кількість повітря, необхідне для створення нормальних умов праці у виробничих приміщеннях, в даному випадку для приміщення КВП мартенівського цеху, визначається для літніх умов за наступними показниками:

- видалення надлишкового тепла;
- видалення надлишків вологи.

1) Видалення надлишкового тепла

Розрахунок кількості повітря, необхідного для видалення надлишків явного тепла виконується за формулою:

$$G = G_m + \frac{Q_{\text{НАДЛ}}}{c_n \cdot \rho_n \cdot (t_{\text{УХ}} - t_{\text{П}})}, \quad (5.1)$$

де G_m – кількість повітря, що видаляється з робочої зони приміщення місцевими відсмоктувачами, який витрачається на технологічні потреби; для приміщення КВП $G_m = 0 \text{ м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{НАДЛ}}$ – надлишки явного тепла в приміщенні, кДж /с;

C_B – масова питома теплоємність повітря; $C_B = 1,00695 \text{ кДж} / \text{кг} \text{ } ^\circ\text{C}$;

$\rho_{\text{п}}$ – щільність повітря, що поступає; $V = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

$t_{\text{п}}$ – температура повітря, що подається в приміщення; $t_{\text{п}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$;

t_{yx} – температура повітря, що видаляється з приміщення за межі робочої зони, $26 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$t_{\text{yx}} = t_{\text{р.з.}} + \frac{t_{\text{р.з.}} - t_{\text{п}}}{m}, \quad (5.2)$$

де $t_{\text{р.з.}}$ – температура в робочій зоні; $t_{\text{р.з.}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$;

m – коефіцієнт що враховує витрату тепла на нагрів повітря в робочій зоні; $m = 0,45$;

$$t_{\text{yx}} = 25 + \frac{25 - 23}{0,45} = 29,44 \text{ (}^\circ\text{C)};$$

$$Q_{\text{над}} = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (5.3)$$

де Q_1 – тепловиділення від людей, які працюють, кВт;

Q_2 – тепловиділення від працюючого електромеханічного обладнання, кВт.

Розрахуємо тепловиділення від працюючого електроустаткування.

Розрахунок здійснюється за формулою:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n (1 - \eta_i) \cdot N_i, \quad (5.4)$$

де N_i – потужність i -го електродвигуна, що працює в приміщенні, кВт;

η_i – ККД i -го електродвигуна.

З огляду на, що в приміщенні КВП і А знаходяться 3 комп'ютери потужністю 700 Вт і мають ККД 0,8:

$$Q_1 = (1 - 0,8) \cdot 700 \cdot 2 = 140(\text{Вт}).$$

Розрахуємо тепловиділення від працюючих людей. Розрахунок проводиться по формулі по формулі:

$$Q_2 = n \cdot q_{\text{ч}}, \quad (5.5)$$

де n – число працюючих в найбільш численній зміні;

$q_{\text{ч}}$ – тепловиділення від однієї людини при даній температурі в цеху і конкретний характер роботи, $q_{\text{ч}} = 0,081$.

$$Q_2 = 10 \cdot 0,081 = 0,81(\text{кВт}).$$

Виходячи з розрахунків визначаємо $Q_{\text{изб}}$ и G :

$$Q_{\text{изб}} = Q_1 + Q_2 = 0,14 + 0,91 = 0,95(\text{кВт}).$$

$$G = \frac{0,95}{1,00655 \cdot 1,2 \cdot (26 - 22)} = 0,1966(\text{м}^3 / \text{с});$$

2) Розрахунок кількості повітря для видалення надлишків вологи.

Розрахункова формула для визначення кількості повітря, необхідного для видалення надлишків вологи до змісту її, регламентованого санітарними нормами проектування промислових підприємств:

$$L_B = \frac{W}{l_y - l_n}, \quad (5.6)$$

де L_B – кількість повітря, необхідного для видалення надлишку вологи, $\text{м}^3/\text{с}$;

L_y – розрахункове вміст вологи в повітрі, що видаляється, $L_y = 17 \text{ г}/\text{м}^3$;

L_n – розрахункова вологовмісткість припливно-зовнішнього повітря, $L_n = 12 \text{ г}/\text{м}^3$;

W – сумарне вологовиділення в приміщенні, $\text{г}/\text{с}$.

Сумарне вологовиділення розраховується за формулою:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i, \quad (5.7)$$

де W_1 – вологовиділення працюючих людей, $\text{г}/\text{с}$.

Вологовиділення працюючих людей можна розрахувати за формулою:

$$W_1 = n \cdot w, \quad (5.8)$$

де n – число працюючих в найбільш численній зміні;

w – вологовиділення одного робітника залежно від тяжкості виконуваних робіт і температури повітря, $\text{г}/\text{с}$.

$$W_1 = 6 \cdot 0,019 = 0,114(\text{г} / \text{с}).$$

За знайденими даними визначаємо W і L_B :

$$W = W_1 = 0,114(\text{г} / \text{с});$$

$$L_B = \frac{0,114}{17 - 12} = 0,0228(\text{м}^3 / \text{с}).$$

Загальний витрата повітря визначається за формулою:

$$L_o = 0,109 + 0,0228 = 0,1317 (\text{м}^3/\text{с}).$$

Таким чином систему вентиляції приміщення КВП і А мартенівського цеху можна класифікувати як общеобмінну механічну припливно-витяжну (для видалення тепло- і волого збитків і для підготовки повітря по вологості відповідно). Передбачається застосування двох кондиціонерів з водяним охолодженням КТА-1-4-0,1.

3) Видалення шкідливих речовин.

Витрата повітря для видалення з приміщення шкідливих речовин (газів, парів, пилу, вологи) проводиться для всіх робочих приміщень по кожному шкідливому речовини за формулою:

$$L_i = \frac{G_i}{ПДК_i - q_i}, \quad (5.9)$$

де G_i – годинне виділення в приміщення певного шкідливого речовини, мг/год;

$ПДК_i$ – гранично-допустима концентрація і-го шкідливої речовини в повітрі робочої зони приміщення, мг/м³;

q_i – концентрація і-го речовини в припливно повітрі, мг/м³.

Годинне виділення в приміщення шкідливих речовин, що визначають повітрообмін, визначається за формулою:

$$G_i = q_i \cdot m, \quad (5.10)$$

де q_i – виділення певного шкідливого речовини в приміщення цеху при виробництві 1 тонни основної продукції, мг/т;

$m = 107,1$ т/год – годинне виробництво основної продукції.

Визначаємо q_i , мг / т:

- залізовмісних пил – 80 мг / т;
- СО – 50 мг / т;
- СО₂ – 10 мг / т.

Розрахуємо годинне виділення в приміщення шкідливих речовин:

$$\begin{aligned} G_{\text{пыль}} &= 80 \cdot 107,1 = 8568 \text{ (мг / ч)}; \\ G_{\text{CO}} &= 50 \cdot 107,1 = 5355 \text{ (мг / ч)}; \\ G_{\text{CO}_2} &= 10 \cdot 107,1 = 1071 \text{ (мг / ч)}. \end{aligned}$$

Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони приміщення, мг/м³:

$$\begin{aligned} ПДК_{\text{пыль}} &= 4 \text{ мг / м}^3; \\ ПДК_{\text{CO}} &= 20 \text{ мг / м}^3; \\ ПДК_{\text{CO}_2} &= 700 \text{ мг / м}^3. \end{aligned}$$

Концентрації речовин в припливно повітрі, мг/м³:

$$\begin{aligned} q_{\text{пыль}} &= 0,08 \text{ мг / м}^3; \\ q_{\text{CO}} &= 0,01 \text{ мг / м}^3; \\ q_{\text{CO}_2} &= 510 \text{ мг / м}^3. \end{aligned}$$

Витрати повітря для видалення з приміщення шкідливих речовин:

$$\begin{aligned} L_{\text{пыль}} &= \frac{8568}{4 - 0,08} = 2185,7 \text{ м}^3 / \text{ч}; \\ L_{\text{CO}} &= \frac{5355}{20 - 0,01} = 267,8 \text{ м}^3 / \text{ч}; \\ L_{\text{CO}_2} &= \frac{1071}{700 - 510} = 5,6 \text{ м}^3 / \text{ч}. \end{aligned}$$

Для передбаченої в проекті загально обмінної природної вентиляції приміщення цеху приймаємо найбільше отримане розрахунком значення витрати повітря $L = 2185,7 \text{ м}^3/\text{год}$.

5.3 Електробезпека

Мартенівський цех згідно з ПБЕ можна віднести до 2 класу – струмопровідні підлоги (металеві, земляні, залізобетонні, цегляні і т.п.) та високої температури (вище 35 °С), напруга, яка використовується: 220/380 В.

Мартенівський цех металургійного виробництва забезпечений великою кількістю електроапаратури, електродвигунів (Д-816, Д-812, Д-808, ДП-21, Д-12, П-22, МТКФ-111-6, МТКФ-211-6, ВАО-2-315-8, 4-АМ-250-М8 та ін.)

Максимальна напруга, яка використовується в цеху, 6000 В.

Робітник може отримати електротравму при проходженні струму через його тіло, а також при дії електричної дуги.

Електротравми мають характер ураження електричним струмом, опіку або зовнішніх пошкоджень.

Електричний удар є результатом контакту робітника з частинами електроустановки, що перебуває під напругою. Його небезпека полягає в тому, що пошкоджує організм в цілому, може викликати зупинку дихання і порушення ритму роботи серця.

Результат електротравми залежить від величини прохідного струму, часу впливу струму на людину.

Небезпека травмування електричним струмом може виникнути при наступних факторах:

- при дотику до оголених проводів, шин і т.д., які перебувають під напругою;
- при дотику до корпусів машин і апаратів, які опинилися під напругою випадково, в результаті пошкодження ізоляції;
- якщо людина опинилася поблизу впав на землю проводу і це провід знаходиться під напругою;
- при відключенні електроапаратів без дугогасильних пристроїв і в інших випадках.

Для захисту робітника від дотику до струмоведучих частин електричної

установки потрібні:

- захисна оболонка;
- захисні огорожі (тимчасові або стаціонарні);
- безпечне розташування струмоведучих частин;
- ізоляція струмоведучих частин;
- ізоляція робочого місця;
- захисне відключенням;
- попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки.

Основними організаційними заходами запобігання ураження електричним струмом є інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірка знань правил безпеки та інструкцій відповідно до виконуваної роботи.

Для безпечної та безтравмної роботи в мартенівському цеху прибігають к таким заходам запобігання:

- інструктаж і навчання безпечним методам праці;
- перевірка знань правил безпеки та інструкцій відповідно до виконуваної роботи.

При проведенні ремонту електричного апарату виконуються наступні дії:

- відключення установки від мережі;
- перевірка відсутності напруги.

Після виконання цих дій можна проводити ремонт та наладку обладнання.

5.4 Пожежна безпека

Мартенівський цех відноситься до категорії Г, клас зони П – 1, ступінь вогнестійкості ІІІ:

- пожежні приміщення, в яких застосовуються або зберігаються горючі речовини. Вони поділяються на класи. До класу П – 1 відносяться пічний і

розливний прольоти. Підсобні приміщення можна віднести до класу П – 11а;

– вибухонебезпечні приміщення, в яких при нормальних повільних режимах роботи виділяються горючі гази або пари, здатні утворювати з повітрям або іншими окислювачами вибухонебезпечні суміші. Сюди можна віднести приміщення газоочистки – В – 1а.

Для запобігання пожежам виробничі приміщення різних категорій відокремлені один від одного, а також від галерей транспортерів, коридорів і сходових маршів протипожежними стінами. Передбачені проектом отвори в протипожежних стінах захищені протипожежними дверима, обладнаними пристроями для самозачинення.

Для гасіння пожеж застосовують в мартенівському цеху використовують вогнегасники ОХП-10, ВВ-5, ВВ-8.

Для всіх виробничих приміщеннях мартенівського цеху передбачено мінімум два евакуаційні виходи.

ВИСНОВКИ

Магістерська робота на тему «Аналіз теплових характеристик сталеплавильних печей з ціллю удосконалення якості автоматизованої системи управління виплавки сталі».

Метою виконання магістерська робота є розробка системи автоматизації мартенівської печі в умовах металургійного виробництва.

В першому розділі роботи розглянуто технологічний процес агрегату, вивчена конструкція агрегату і технологія виробництва. Виявлено, що для інтенсифікації металургійного процесу в піч подається кисень. Тиск, температуру палива і кисню треба ретельно контролювати, аби забезпечити оптимальні умови виплавки сталі заданої марки.

Автоматичний контроль параметрів мартенівського процесу доводиться виконувати в умовах високотемпературного і агресивного середовища, що ускладнює здобуття точних і надійних вимірів. Тому у другому розділі дипломного проекту приводяться розробка системи автоматизації, а саме загальні принципи роботи обчислювальної системи, вибір структури і типу АСУТП. На даний момент, найбільш прийнятним варіантом є створення систем супервізорного типу. Цей режим характеризується тим, що ЕОМ, включаючись в замкнений контур автоматичного управління, здійснює керуючі впливи у вигляді завдань локальним системам автоматичного регулювання. Роботу такої системи представлено на мнемосхемі роботи мартенівської печі.

В третьому розділі зроблений вибір та обґрунтування функціональної структури системи автоматизації, вибір математичної моделі системи управління та технічних засобів нижнього рівня СА, зроблено проектне компонування контролера Modicon TX Quantum. Модульна архітектура контролера Modicon TX Quantum може забезпечувати систему гарячого резерву.

Програмний код системи автоматичного управління мартенівською

піччю, розроблений в даній випускній роботі, створено за допомогою сучасного інструменту Concept для ОС Windows, який надає єдине багатомовне середовище для програмування систем управління на базі контролерів серії Modicon TSX Quantum.

В четвертому розділі роботи магістра виконано аналіз роботи верхнього рівня. Розроблена структурна схема та наведено принцип організації роботи верхнього рівня АСУ ТП.

Верхній рівень автоматизації служить для виконання агрегатного управління одним КРП і всім комплексом мартенівського процесу в цілому. Обчислювальний комплекс АСУ ТП являє собою розподілену структуру, що включає сервери агрегатного рівня, мультиклієнтські станції і мережу програмованих контролерів.

Система інформаційного забезпечення АСУ ТП мартенівського процесу має дворівневу схему будови. Застосований інтерфейс НМІ («людина – машина») дає можливість вести контроль технологічного процесу АСУ ТП мартенівського процесу з будь-якої операторської станції: АРМ технолога, АРМ оператора, АРМ майстра КВП і А.

В п'ятому розділі представлена техніка безпеки та охорона праці дається загальна характеристика умов виробництва та санітарно-гігієнічних умов праці, визначені небезпечні та шкідливі фактори, які впливають на персонал.

Таким чином всі дослідницькі завдання вирішені та мета дослідження досягнута.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Перспективы развития мартеновского производства – Национальная металлургия, 2002 г. 55 с.
2. Глинков, Г.М. АСУ ТП в черной металлургии: учебник для вузов / Г. М. Глинков, В. А. Маковский., 1999. 310с.
3. Двухванні сталеплавильні агрегати [Електронний ресурс] //Режим доступу: <https://metallurgy.zp.ua/dvuhvannye-staleplavilnye-pechi>.
4. Дьямидовський Д. А. Контроль і автоматизація в кольоровій металургії. – М. : «Металургія», ч. 1, 1990. 374с.
5. Дьямидовський Д. А. Контроль і автоматизація в кольоровій металургії. – М. : «Металургія», ч. 2, 1990. 401с.
6. ДСТУ 34.602-89 Інформаційні технології. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи.
7. Доброхотов Н.Н. Мартеновское производство стали. [учеб.] / К.А. Гребень и др. – М.: Металлургия, 1964. 242 с.
8. Выплавка стали в двухванной печи. ТИ 226 – Ст. М – 02 – 01.
9. Бигеев А.М. Металлургия стали. [учеб.] /Андрій Максимович Бигеев. – Челябинск: Металлургия, 1988. 478 с.
- 10.Финкель А.Ф. Технологическое оборудование заводов черной металлургии. [учеб.] / П.П. Ипатов – М.: Металлургия, 1982. 440 с.
- 11.Якушев А.М. Проектирование сталеплавильных и доменных цехов.[учеб.] /Андрій Михайлович Якушев-М.: Металлургия 1984. 216с.
- 12.Глинков Г.М. АСУ ТП в черной металлургии. [учеб.] / Александр Владимирович Маковский - Москва: Металлургия, ООО «Металургия», 1999. 52 – 54с.
- 13.Технічна інструкція на прилад термопара. Режим доступу: <http://www.terra-nsk.ru/item/tha-thk>

14. Технічна інструкція на прилад телескоп ТЕРА-50 радіаційного пирометра. Режим доступу: <http://kppz.ru/docs/tera50.pdf>

15. Технічна інструкція на прилад датчики давления Метран-100. Режим доступу: http://www.priborika.ru/katalog/davlen/to/m100_ruk.pdf

16. Технічна інструкція на прилад сигналізуючий манометр ДМ Сг 05. Режим доступу: <http://www.ua.all.biz/manometry-dm-sg-05-signaliziruyushchie-s-g271532>

17. Технічна інструкція на прилад газоаналізатор Xgard-Тип-1-РНЗ. Режим доступу: http://priborsk.ru/katalog_oborudovaniya/analizatory_zhidkosti_gaza_vlazhnosti/gazoanalizatory/xgard-typ-1-ph3_-_stacionarnyy_sensor/

18. Технічна інструкція на датчик діафрагма ДКС – 150. Режим доступу: http://www.priborplant.ru/ru/production/rasxodometria/catalog5/?top_id=13

19. Технічна інструкція на прилад метран РД. Режим доступу: http://www.metran.ru/netcat_files/350/272/h_bfe64767c18229fb87e17428c381945c

20. Технічна інструкція на ультрафіолетовий датчик реле контролю полум'я ПАРУС-003Ц-УФ. Режим доступу: http://www.gorelki.com/desc.shtml?what=82_351#desc

21. Технічна інструкція на блок контролю полум'я двоканалний з пристроєм автоматичного розпалу типу БКП-2Р. Режим доступу: http://ukrenergocentr.at.ua/load/kvp_i_a/priladi_kontrolju_polum_96_ja_ta_pristroji_u_pravlinnja_rozpalom/blok_kontrolju_polum_39_ja_dvokhkanalnij_z_pristroem_avtomatichnogo_rozpalu_tip_bkp_2r/10-1-0-11

22. Технічна інструкція на ручний задавач РЗД-22. Режим доступу: <http://ukrenergy.com.ua/rzd-12-rzd-22.html>

23. Технічна інструкція на кулачковий перемикач серії ПМОФ. Режим доступу: http://ekb.pulscen.ru/products/pereklyuchatel_pmov_2980205

24. Технічна інструкція на пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М. Режим доступу: <http://ukrenergy.com.ua/pbr-2m.html>

25. Технічна інструкція на датчик положення. Режим доступу:
<http://www.festo.com/net/Supportportal/Files/195563/8022219r1.pdf>
26. Технічна інструкція на покажчик положення дистанційний ДУП-М. Режим доступу: <http://www.gortehinvest.com/puskovie-upravlyaiuschie-ustroystva-msp/dup-m-ukazatel-polozheniya-distantionniy.html>
27. Технічна інструкція на МЕО-100/25. Режим доступу:
<http://www.pribor-opt.ru/meo/meo100.html>
28. Технічна інструкція на лампа комутаторна КМ 24-90. Режим доступу: <http://www.medkv.ru/lampa-km-24-90.html>
29. Велика радянська енциклопедія.[підруч.] / гол. ред. А. М. Прохоров. – [3-е вид.] – М.: 1969–1978. – 30 с.
30. Технічна документація на моторне реле часу РВМ-12. Режим доступу: <http://www.ua.all.biz/rele-vremeni-motornoe-rvm-12-g1476673>
<http://autoworks.com.ua/teoreticheskie-svedeniya/pi-regulyator/>
31. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації. Конспект лекцій для студентів спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами»/ Анатолій Миколайович Ніколаєнко - Запоріжжя: ЗДІА, 2002. 330 с.
32. Ніколаєнко А.М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації: [Навч.-методич. посібник] / Міняйло Н.О -Запоріжжя: ЗДІА, 2001. 419 с.
33. Інтернет-ресурс// Элемер. Каталог продукции 2011.
34. Інтернет-ресурс// Modicon Quantum.– 2004 – 264с. – Режим доступу до довідкового порадирика: <http://www.schneider-electric.ua/>
35. Інтернет-ресурс// Деменков Н.П. Языки программирования промышленных контроллеров: уч. пос. [для студ. высш. уч. зав.] / Деменков Н. П. –М:Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. 172 с.
36. Інтернет-ресурс// Программирование контроллеров MODICON-TSX-QUANTUM: Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Интегрированные системы проектирования и

управління».

37. Гігієнічній класифікації праці № 4137-86. Списку №1 п.1.

38. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДНС 3.3.6.042-99.

39. Державними Будівельними Нормами України ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

40. Опис сірчистого ангідриду та його основні характеристики. Режим доступу: <http://vseslova.com.ua/word>

41. Катренко Л.А., Охорона праці [підруч.] / Кіт Ю.В., Піскун І.П. [3-є вид., перероб. та доп] - Суми: 2009 515 с.

42. СНиП П-4.79. Природне і штучне освітлення. - М.: Стройиздат, 1980. 24 с.

43. СНиП 23-05-95 .Естественное и искусственное освещение. Режим доступу: http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Svet_pr/Norm_4/SNIP_95.htm

44. Нормування різних видів освітлення. Режим доступу: http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Svet_pr/Norm_4/IV_4_norm.htm

45. Баріщенко О.М., Контрольна робота з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень». Методичні вказівки для студентів ЗДІА спеціальності 7.092501 «АУТП» / Овчинникова І.А – Запоріжжя: ЗДІА, 2010. 26с.

46. Міняйло Н.О. Дипломне проектування. Методичні вказівки до написання та оформлення дипломного проекту для студентів ЗДІА напрямку підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Пазюк М.Ю. – Запоріжжя: ЗДІА, 2013.