МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему: "Удосконалення АСУ відділенням методичних печей в умовах цеху ЦГПТЛ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь». Розробка підсистеми узгодження роботи ділянок методичних печей і прокатного стану ЦГПТЛ".

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.151-з
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва освітньої програми)
Бакунов Олександр Олександрович
(ініціали та прізвище)

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

Запоріжжя 2024

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

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Коваленко В.Л.
«_____»_____2024року

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

Бакунову Олександру Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи "Удосконалення АСУ відділенням методичних печей в умовах цеху ЦГПТЛ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь». Розробка підсистеми узгодження роботи ділянок методичних печей і прокатного стану ЦГПТЛ".

2 керівник роботи,Пазюк М.Ю. д.техн.наук, професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « » 2024 року №

3 Строк подання студентом роботи 29.11.2024 р.

4 Вихідні дані до роботи: технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час праці на підприємстві.

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема матеріальних та інформаційних потоків, структурна схема верхнього рівня АСУ ТП роботи методичної печі, FBD програма управління технологічним процесом, план роботи місця оператора, розробка математичної моделі.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 10 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення особливостей технологічного процесу	20.09 – 26.09. 2024 р.	виконано
2	Аналіз стану об'єкту та існуючих систем автоматизації	27.10 – 02.11 2024 р	виконано
3	Розробка математичної моделі	03.11 – 09.11. 2024 р.	виконано
4	Удосконалення АСУ ТП методичної печі	10.11. – 16.11. 2024 р.	виконано
5	Підбір технічних засобів автоматизації для реалізації систем керування	17.11. – 23.11. 2024 р	виконано
5	Визначення і опис небезпечних і шкідливих факторів на виробництві	24.11. – 26.11. 2024р.	виконано
6	Розрахунок техніко-економічних показників проєкту	27.11. – 28.11. 2024 р.	виконано
7	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю	28.11. – 29.11. 2024 р.	виконано
8	Підготовка доповіді	29.11. – 30.11. 2024 р.	виконано

Студент _____ Бакунов О.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Д.т.н,.проф.Пазюк М.Ю
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ К.т.н.,доцент Овчинникова І.А.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Бакунов О.О. “Удосконалення АСУ відділенням методичних печей в умовах цеху ЦГПТЛ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь». Розробка підсистеми узгодження роботи ділянок методичних печей і прокатного стану ЦГПТЛ”.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття вищої освіти магістра за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології, науковий керівник професор М.Ю. Пазюк. Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2024. Робота присвячена розробці автоматизованої системи управління технологічним процесом методичної печі і прокатного стану.

У роботі розроблена математична модель об’єкта автоматизації, функціональна схема регулювання, схема інформаційних потоків, розроблена система управління та мережа АСУ ТП, розглянуті заходи з техніки безпеки і охорони праці.

Ключові слова: МЕТОДИЧНА ПІЧ, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, ВЕРХНІЙ РІВЕНЬ, АСУ ТП, МНЕМОСХЕМА, АРМ ОПЕРАТОРА, КОНТРОЛЕР, БАГАТОРІВНЕВА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ, СУБД, САР, ЦГПТЛ

ABSTRACT

Bakunov O.O. “Improvement of the ACS by the department of methodical furnaces in the conditions of the TsGPTL shop of PJSC ZMK “Zaporizhstal”. Development of a subsystem for coordinating the work of sections of methodical furnaces and the rolling mill of TsGPTL”.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 151 - Automation and computer-integrated technologies, scientific supervisor Professor M.Yu. Pazyuk. Zaporizhzhia National University, Engineering Scientific and Educational Institute named after Yu.M. Potebna, Department of Electrical Engineering and Cyber-Physical Systems. Zaporizhzhia, 2024. The work is devoted to the development of an automated control system for the technological process of the methodical furnace and rolling mill.

The work develops a mathematical model of the automation object, a functional regulation scheme, an information flow scheme, a control system and an ACS network, and occupational safety and health measures are considered.

Keywords: METHODOLOGICAL FURNACE, FUNCTIONAL DIAGRAM, TOP LEVEL, ACS TP, MNEMOSCHEM, OPERATOR'S WORKSTATION, CONTROLLER, MULTI-LEVEL AUTOMATION SYSTEM, DBMS, SAR, TGPTL

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ……..5

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ 12

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи..... 12

1.2 Методична піч, як об’єкт автоматизації..... 14

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві..... 18

1.4 Недоліки існуючої системи управління. 20

2 АНАЛІЗ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УЧАСТКУ 22

2.1 Організація роботи 22

2.2 Схема інформаційних потоків 28

2.3 Технічне завдання до верхнього рівня АСУТП відділення методичних печей 31

2.3.1 Вимоги до системи в цілому 31

2.3.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою 39

2.3.3 Вимоги до видів забезпечення 42

3. РОЗРОБКА АСУТП 45

3.1 Аналіз діючих систем автоматизації, математичних моделей та алгоритмів управління 45

3.2 Вибір та обґрунтування функціональної структури АСУТП 48

3.2.1 Визначення кількості рівнів АСУТП 49

3.2.2 Опис функціонування КТЗ. 50

3.2.3 Опис розміщення КТЗ на об'єктах і виробничих площах з урахуванням виконання вимог експлуатації технічних засобів. 52

3.2.4 Обгрунтування вибору КТЗ 54

3.3 Програмно-технічне забезпечення верхнього рівня АСУТП. 70

3.3.1 Загальні положення 70
3.3.2 Структура ПЗ і функції (базове і прикладне ПЗ). 70
3.3.3 Промисловий комп'ютер. Обґрунтування та вибір. 71
3.3.4 Операційна система. Обгрунтування та вибір. 72
3.3.5 SCADA-система Trace Mode 6 74
3.4 Обчислювальні мережі та промислові протоколи верхнього рівня 77
3.4.1 Топологія мережі 77
3.4.2 Інтерфейси та протоколи. 80
3.5 Вибір математичної моделі. 83
3.6 Розробка програмного забезпечення АСУТП 89
3.6.1 Опис процедур збору та обробки інформації. 89
3.6.2 Розподіл інформації по рівням АСУ ТП. 89
3.6.3 Робота алгоритмів управління 90
3.6.4 Макети мнемосхем верхнього рівня. 94
3.6.5 FBD-програма управління роботою методичних печей та прокатного стану. 97
3.7 Розробка бази даних 104
3.7.1 Архівація даних 104
3.7.2 Документування 108
3.8 Розробка диспетчерського пункту, принципової електричної схеми та схеми інформаційних потоків. 110
3.8.1 Диспетчерський пункт. 110
3.8.2 Принципова електрична схема. 111
3.8.3 Схема зовнішніх з'єднань. 113
4 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 115

4.1 Розрахунок параметрів наближеним методом 115

4.2 Розрахунок параметрів надійності з урахуванням режиму роботи елементів і впливом дестабілізуючих чинників (повний або уточнений розрахунок). 118

4.3 Розрахунок гарантійного терміну САР. 122

5 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 125

6 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ..... 126

6.1 Організаційне забезпечення цеху гарячої прокатки тонкого листа..... 126

6.2 Розрахунок техніко-економічної ефективності АСУ ТП..... 127

6.2.1 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ ТП 128

6.2.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ ТП . 129

6.2.3 Розрахунок собівартості продукції після впровадження АСУ ТП ... 130

6.2.4 Розрахунок показників економічної ефективності АСУ ТП 133

7 0ХОРАНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА..... 136

7.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих факторів 136

7.2 Заходи з поліпшення умов праці 140

7.3 Виробнича санітарія..... 141

7.3.1 Мікроклімат 141

7.3.2 Опалення 142

7.3.3 Вентиляція..... 142

7.3.4 Освітлення..... 143

7.4 Електробезпека..... 143

7.5 Пожежна безпека. Техногенна безпека..... 144

7.6 Засоби індивідуального захисту 146

ВИСНОВКИ 147

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 149

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 виробництва дозволить підвищити його ефективність. Аналіз техніко-економічних показників роботи великих 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. Крім зазначених негативних наслідків, знижується стійкість печі і зростають витрати на ремонти. При цьому погіршується екологія і умови праці в цеху через викиди димових.

Метою роботи є розробка підсистеми узгодження роботи ділянок методичних печей і прокатного стану ЦГПТЛ.

Для досягнення мети дослідження були поставлені такі завдання:

- дослідити особливості технологічного процесу роботи методичної печі і прокатного стану;
- розробити схеми інформаційних та матеріальних потоків контролю та аланіз організації верхнього рівня АСУ ТП технологічного процесу;

- провести розрахунок і розробку схем автоматизації печі, мнемосхеми, моделювання САР, бази даних та програм роботи АСУТП;
- дослідити взаємозв'язоку 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: ділянка методичної печі та прокатного стану в умовах ПАТ «Запоріжсталь».

Предмет дослідження: система управління методичною піччю.

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

Результати роботи пропонуються до використання підприємствами для вдосконалення роботи методичної печі та прокатного стану в умовах металургійного виробництва ПАТ «Запоріжсталь».

Удосконалення метрологічного забезпечення виробництва сталі 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 технологічного 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.

Сучасні промислові мережі комп’ютерів, підключені до локальної мережі Internet 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 АСУТП прокатним 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 – оптоволокно, 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 Inthernet в систему легко можуть бути включені сервери баз даних, комунікаційні сервери, веб-сервери, принтери, плоттери, АТС, факси, технологічне обладнання та інші пристрої з Inthernet 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-пускачі, 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, HMI – 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.

В даній кваліфікаційній роботі буде детально розглянуто удосконалення АСУ відділенням методичних печей в умовах цеху ЦГПТЛ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь». Розробка підсистеми узгодження роботи ділянок методичних печей і прокатного стану ЦГПТЛ.

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи

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

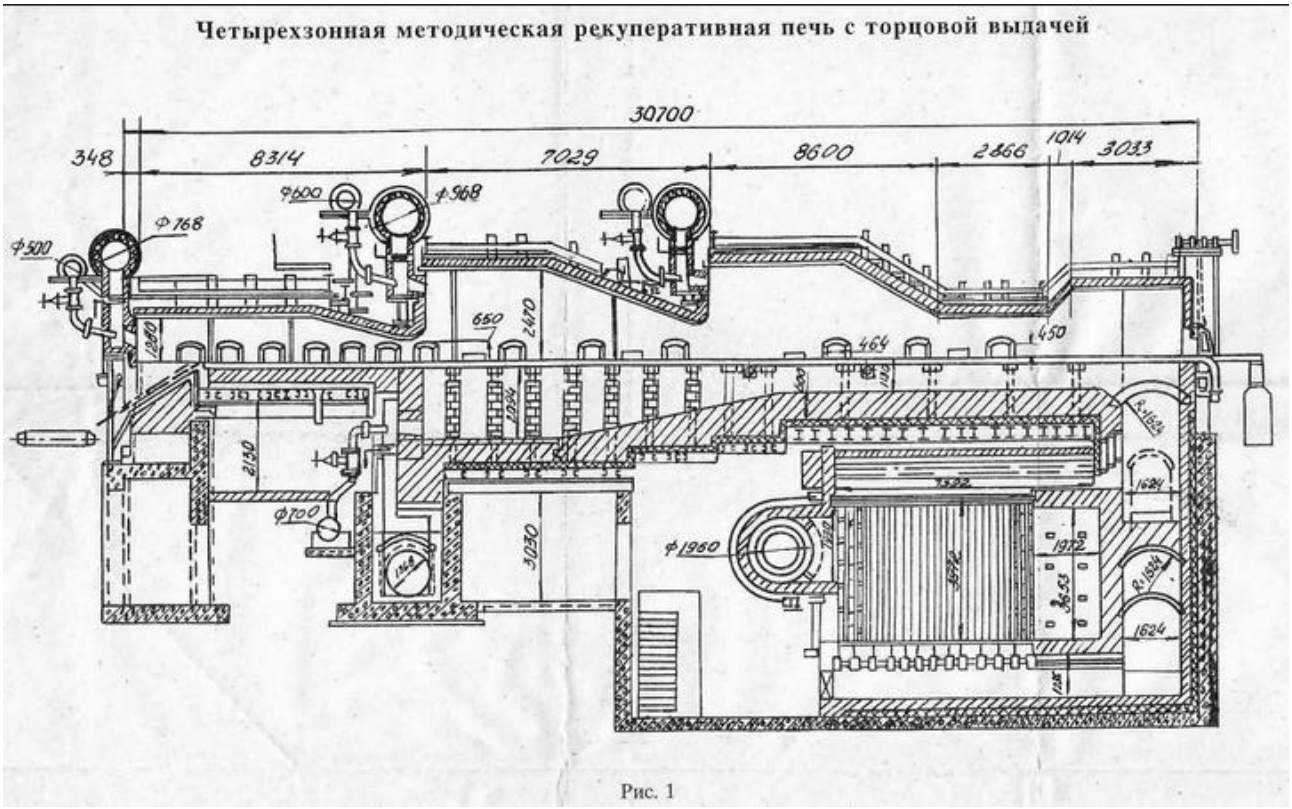


Рисунок 1.1 – Чотирьохзонна штовхальна піч.

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

тобто утилізує тепло димових газів, що відходять із зон високих температур. Загальне падіння температури димових газів в методичній зоні досить значуще. Зазвичай в зоні високих температур методичних печей температура газів тримається на рівні 1300-1400 ºС, наприкінці ж методичної зони вона знаходиться в межах 850-1100 ºС [1].

Наступні по ходу металу - зварювальні зони або зони високих температур. У цих зонах здійснюється швидке нагрівання поверхні заготовки до кінцевої температури. Для інтенсивного нагріву поверхні металу в зварювальних зонах необхідно забезпечувати температуру на 150-250 º С вище, ніж температура металу на виході з печі [1].

Томильна зона (зона витримки) - остання по ходу металу. Вона служить для вирівнювання температур по перетину металу. У зварювальних зонах до високих температур нагрівається тільки поверхню металу. У результаті створюється великий перепад температур по перетину металу, неприпустимий за технологічними вимогами . Температуру в томильній зоні підтримують всього на 30-50 ºС вище необхідної температури нагріву металу. Тому температура поверхні металу в томильній зоні не змінюється, а відбувається тільки вирівнювання температур по товщині заготовки [1].

Транспортування слябів в печі здійснюється штовхачем. Димовидалення здійснюється димососом.

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

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

Шляхом зміни витрат палива і повітря на групу пальникових пристроїв забезпечується можливість управління потужністю і режимом спалювання палива в кожній опалювальної зоні печі. Опалення печей здійснюється

природним газом за допомогою двопровідних пальників типу ДВБ з примусовою подачею газу і повітря.

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

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

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

Продукти згоряння видаляються з робочого простору через розташований над піччю котел-утилізатор з вбудованим в нього рекуператором, і далі через димососи на димову трубу [2].

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

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

Перепад температур по перетину нагрітого металу 20 ºС.

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

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

1.2 Методична піч, як об’єкт автоматизації

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

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

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

Нагрівальний метал штовхачем переміщається по водоохолоджувальним трубам. Паливо спалюється за допомогою пальників, розташованих над і під поверхнею металу. Продукти згоряння двома потоками - верхнім і нижнім – рухаються уздовж робочого простору печі в напрямку, протилежному руху металу, тобто протитоком. Через димові канали продукти згоряння видаляються в борів і з нього через рекуператор і димову трубу в атмосферу. Нагрітий метал через вікно видачі потрапляє на рольганг і по ньому до стану [3].

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

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

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

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

Третя (по ходу металу) томильна зона (зона витримки) служить для вирівнювання температури по перетину металу і ліквідації холодних плям на нижній поверхні заготовок. У зварювальній зоні до високих температур нагрівається тільки поверхня металу; температура середніх шарів металу значно менше температури поверхні, тобто створюється перепад температур по перетину металу, неприпустимий за технологічними вимогами. У томильну зону метал надходить з цим перепадом температур по товщині. Температуру в томильній зоні підтримують всього на 50 - 70 °С вище необхідної кінцевої температури нагрівання металу. Тому температура поверхні металу в томильній зоні практично не змінюється і підтримується на досягнутому в зварювальної зоні рівні; відбувається тільки вирівнювання температури по товщині металу в умовах рівномірно розподіленого радіаційного режиму зовнішнього теплообміну [3].

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

Тепловий режим печі залежить від продуктивності, швидкості переміщення металу уздовж печі, так як методична піч працює в одній

потокової лінії з прокатним станом і швидкість переміщення металу залежить від темпу прокатки , який протягом коротких відрізків часу може коливатися в широких межах аж до зупинок стана, коли швидкість переміщення металу стає рівною нулю.

Коливання швидкості руху металу призводять до зміни часу, за який заготовки проходять ту чи іншу ділянку печі, а отже, і до зміни кількості тепла, отриманого ними на цій ділянці, якщо температура в зоні залишається постійною. При уповільненні темпу прокатки і особливо при зупинках стану це призводить до перегріву металу аж до зварювання заготовок, до збільшення чаду і витрати палива, а при збільшенні темпу - до недогріву металу, до зупинок стану в зв'язку з відсутністю нагрітого металу.

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

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

Однак методичні печі працюють в умовах, далеких від установлених: змінюється продуктивність печі, обумовлена роботою прокатного стану та сусідніх печей, змінюється температура, розміри, марка металу, що завантажується. Тому основним завданням управління процесом нагріву є вироблення такого температурного режиму печі , щоб весь час отримувати задану якість нагріву в умовах змінної продуктивності агрегату з урахуванням

інших збурень. Керуючим впливом є витрата палива на зону, що визначає температуру в ній [3].

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві.

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

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

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

- Температура робочого простору в зонах печі;
- Тиск робочого простору печі;
- Витрата палива до опалювальних зон;
- Витрата повітря до опалювальних зон;
- Температура димових газів до рекуператора;
- Температура димових газів після рекуператора;
- Температура підігрітого повітря;

До локальної системи автоматичного регулювання входить:

- Температура в зонах печі;
- Співвідношення газ-повітря в зонах;
- Тиск в робочому просторі печі.

Прилади для вимірювання та регулювання температури в зонах печі включають термопару ТПР, вторинний прилад Диск - 250 (шкала 300 – 1600 ^{o}C;

градуювання ПР) з вихідним сигналом 0 - 5 мА, задатчик РЗД - 22 (шкала 300 – 1600 °С) з вихідним сигналом 0 - 5 мА, регулятор МІК-21 з вхідними сигналами 0 - 5 мА, пускач тиристорний реверсивний ФЦ – 0620, виконавчий механізм МЕВ - 100/63 - 0.63, дистанційний покажчик положення виконавчого механізму ДУП, керуючі ключі ПМОФ та ПМОВ.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.4 Недоліки існуючої системи управління.

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

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

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

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

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

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

Також основним недоліком є недосконала система верхнього рівня, яка передбачає лише контроль за процесом нагріву слябів у методичних печах.

Тому постає завдання у розробці АСУ ТП яка б зменшувала недоліки даної системи автоматизації відділення методичних печей.

2 АНАЛІЗ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УЧАСТКУ

2.1 Організація роботи

У прокатних цехах закінчується цикл металургійного виробництва. Процес отримання готового прокатного виробу зазвичай розбивається на кілька етапів: спочатку злиток прокочують на великих обтискних і заготівельних станах до заготовки, яку потім для отримання готового профілю передають на сортові, листопрокатні або спеціальні (колесопрокатного, трубопрокатні та ін.) стани.

Якість продукції і продуктивність прокатних станів багато в чому визначаються роботою нагрівальних печей, причому в більшості випадків помилки, що виникають при нагріванні металу, вже не можуть бути виправлені. Проявляючись на наступних переділах, ці помилки призводять до зниження виходу придатної продукції.

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

Будучи початковою ланкою технологічної лінії прокатного виробництва, нагрівальні печі у своїй роботі тісно пов'язані з ритмом роботи прокатного обладнання, і разом з цим зберігають особливості, властиві всім теплотехнічним агрегатам. Основний час печі працюють в перехідних режимах, викликаних зміною сортаменту, марки заготовок, які нагріваються, і темпу їх видачі. У цеху гарячої прокатки тонкого листа для нагріву металу перед прокаткою використовуються методичні печі.

Цех гарячої прокатки тонкого листа тісно взаємодіє з обжимним цехом. В обжимному цеху нагрів злитків відбувається у нагрівальних колодязях. Нагрівання гарячих (в т.ч. з «рідкою серцевиною») і холодних зливків 1 і 2 груп марок сталей і злитків гарячого посаду 3 групи марок сталей виконується на

замовлений час видачі. Замовлення часу видачі проводиться в наступному порядку:

- після посадки злитків в осередку нагрівальник металу 7 розряду нагрівальних колодязів вводить в ІУС "Сталь-Прокат" можливий час нагрівання злитків залежно від теплового стану зливків і осередків. Час готовності до видачі злитків холодного посада вводиться не пізніше 20 хв. після досягнення температури осередку 1320 °С;

- не пізніше 30 хв. після введення можливого часу нагріву старший змінний майстер НТЛС 1680 вводить час замовлення видачі злитків;

- замовлення на видачу повинно бути скоректоване не пізніше ніж за 1,5-2,0 години до їх фактичної прокатки на НТЛС 1680;

- в замовленні також вказується товщина прокатуваних смуг і прокатка слябів подвійний маси [4].

Злитки, що видаються в прокат, повинні бути нагріті до необхідної температури, рівномірно прогріті і не оплавлені.

Час і черговість видачі нагрітих злитків встановлює старший змінний майстер ЦГПТЛ і погоджує зі старшим змінним майстром обжимного цеху. При цьому в першу чергу замовляються і видаються в прокатку злитки плавок більш відповідального призначення.

Видача нагрітих злитків повинна проводитись таким чином, щоб забезпечити заданий темп прокатки згідно системи узгодження темпу прокатки і виключити охолодження злитків перед прокаткою [4].

Для забезпечення заданого темпу прокатки допускається транспортування до стану одночасно 2-х злитків. Для виключення втрат тепла доставка до стану одночасно двох злитків повинна чергуватися з доставкою одного злитка. У разі доставки до стану одночасно двох злитків видача з осередків повинна бути організована таким чином, щоб перший виданий з осередку злиток встановлювався у злитковіз, а другий - в причіпний візок [4].

При транзитній прокатці на приймальному рольганзі повинно бути не більше одного злитка і для зниження втрат тепла перед прокаткою він повинен знаходитися під екрануючим пристроєм.

Час транспортування нагрітих злитків від колодязів до валків стана слябінг 1150, включаючи і час очікування прокатки на приймальному рольганзі, має виключити підстужування злитків.

Всі злитки 1 групи марок сталі задаються і прокочуються донною частиною вперед. При цьому величина обтиснення в першому проході повинна бути на 15-20 мм менше, ніж передбачено режимами обтиску.

Злитки 2 групи марок сталей задаються меншим перетином вперед. При цьому величина обтиснення в першому проході повинна бути на 15-20 мм менше, ніж передбачено режимами обтиснень.

Прокатка злитків, призначених для подальшої транзитної прокатки, проводиться, як правило, по одному (одиночна прокатка).

Для забезпечення високого заданого темпу прокатки допускається одночасна прокатка двох злитків (спарена прокатка). При цьому, для зниження втрат тепла спарена прокатка повинна чергуватися з одиночною [4].

Якщо сляби 1 групи марок сталей не призначені для подальшої транзитної прокатки на НТЛС 1680, то злитки задаються в стан головною частиною вперед і прокочуються парами.

Режими обтиснень при прокатці злитків повинні відповідати ТІ 226-П.ОЗ-01-2005.

Температура кінця прокатки злитків повинна бути не менше:

- 15 і 1Б типів ....1100 ° С;
- 2Б типу ..... 1110 ° С;
- 4А типу ..... 1120 ° С;
- Злиток-сляб ..... .1120ºС.

У разі завдання в прокатку недостатньо нагрітого злитка кількість проходів при прокатці має бути збільшено на розсуд оператора поста управління № 1

стану гарячої прокатки 7, 6 розряду, а решта злитки, видані з цієї ж осередки, повинні бути повернені для підігріву до потрібної температури.

Оператор поста управління № 1 стану гарячої прокатки 7 розряду стежить за тим, щоб прокатка злитків проводилася ритмічно і забезпечувала заданий темп прокатки згідно системи узгодження темпу прокатки. У разі необхідності (по команді посадчика гарячого металу 4-го розряду ЦГПТЛ) він оперативно коригує темп прокатки або припиняє прокатку [4].

Порізка розкатів злитків, прокатаних донної частиною вперед, здійснюється в наступному порядку:

- видаляється донна частина розкату довжиною, що дорівнює мінімально допустимої згідно ТІ 226-П.ОЗ-01-2005;

- вирізається два сляба звичайної маси або один сляб подвійний маси;

- видаляється головна частина розкату довжиною, що дорівнює мінімально допустимої згідно ТІ 226-П.ОЗ-01-2005, а в разі наявності на задньому торці розкату ділянок з усадкою і рихлістю додатково обрізається 300 мм розкату, після чого сляб незалежно від наявності дефектів передається для транзитної прокатки до НТЛС 1680.

Різьбяр гарячого металу 5 розряду повинен робити порізку раскатів злитків таким чином, щоб забезпечити заданий темп прокатки згідно системи узгодження темпу прокатки і виключити охолодження слябів перед прокаткою їх на НТЛС 1680.

Всі сляби, призначені для транзитної прокатки, без затримок передаються по прямому рольгангу до стану НТЛС 1680.

Візуальний огляд і сортування транзитних слябів здійснюють змінні посадчики гарячого металу 4-го розряду ЦГПТЛ і змінні контролери ВТК. Результати сортування зазначаються:

- посадчиком ЦГПТЛ - в журналі посадки і в картці поплавковою обліку слябів;

- контролером ВТК - у спеціальному журналі і на діаграмної стрічці датчика температури за ножицями;

- прибиральником гарячого металу 3 розряду обжимного цеху - в спеціальному журналі;

Температура слябів, призначених для подальшої транзитної прокатки на НТЛС 1680, повинна бути не менше 1150 °С.

Сляби з температурою нижче зазначених норм ("холодні") для транзитної прокатки не передаються, а направляються для посадки в методичні печі ЦГПТЛ або на склад слябів [5].

Сляби, скинуті на склад слябів обжимного цеху, формуються в партії для посадки в методичні печі.

Для нагріву слябів використовується 1-4 методичні печі, які опалюються сумішшю доменного і природного газу з калорійністю газової суміші 1070-1450 ккал / нм3 і до 1600 ккал / нм3 при їх форсованій роботі (видача металу через 0,5 години) з підігрівом повітря в блоковому керамічному рекуператорі до температури 240-290 °С.

Методичні печі працюють в безперервно режимі. Видача нагрітих слябів відбувається приблизно через кожні 0,5-1,0, 1,5-2,0 і 2,5-3,0 години при перериванні транзитної гарячої прокатки на прокатному комплексі слябінг 1150 - НТЛС 1680 з узгодженням часу прокатки плавок в обжимному цеху. За кожну видачу з печей видаються сляби, що знаходилися на момент видачі на подині в томильній зоні [5].

Нагрівання слябів проводиться за режимами технологічних карт №№ 1, 2.

Технологічна карта №1

Таблиця 2.1 - Температурний режим в печах.

Група сталі	Періодичність видачі слябів, час.	Характер посада	Температура по зонам, °С				Температура металу за 4-й кліттю, °С
			Томильна	Перша зварочна	Друга зварочна	Нижня	
I, II, III, IV	0,5 – 1,0	Холодний, гарячий	від 1240 до 1290	від 1240 до 1320	Не задається	від 1050 до 1200	від 1060 до 1120

	1,5 – 2,0	Холодний, гарячий	від 1240 до 1290	від 1240 до 1320	Не задається	від 1050 до 1200	від 1060 до 1120

Технологічна карта №2.

Таблиця 2.2 - Тепловий режим роботи методичних печей.

Ширина слябів, мм	Періодичність видачі слябів, час	Кількість слябів за одну видачу, шт	Кількість ввімкнених пальників, шт					Витрата газа на піч, нм^3/час	Калорійність газової суміші, ккал/нм^3	Мінімальна тривалість, час.	
			Томильна зона	І-а зварочна зона	ІІ-а зварочна зона	Нижня зона	Всього			Находження слябів в печі	в т.ч. І-й зварочній та томильній зонах
850 – 1160 (1Б і 1Б тип)	0,5 – 1,0	6 - 7		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1350-1450	6-8	1,0-2,0
	1,5 – 2,0	6 - 7		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1300-1350	7,5-10	3,0-4,0
	2,5 – 3,0	6 - 7		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1250-1300	8,5-11	5,0-6,0
1170 – 1360 (2Б тип)	0,5 – 1,0	5 - 6		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1350-1450	6-8	1,0-2,0
	1,5 – 2,0	5 - 6		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1300-1350	7,5-10	3,0-4,0
	2,5 – 3,0	5 - 6		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1250-1300	8,5-11	5,0-6,0
1370 – 1520 (4А тип)	0,5 – 1,0	4 - 5		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1400-1450	6-8	1,0-2,0
	1,5 – 2,0	4 - 5		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1350-1400	7,5-10	3,0-4,0
	2,5 – 3,0	4 - 5		- 3		- 2	-10	12000 - 18000	1300-1350	8,5-11	5,0-6,0

Температура раскатів за кліттю № 4 НТЛС 1680 для сталей марок 65Г, 45, 55 повинна бути в межах від 1070 до 1120 °С.

При форсованій роботі печей (видачі через 0,5 години) на розсуд старшого нагрівальник дозволяється піднімати калорійність газової суміші до 1600 ккал / нм3 (при температурі підігріву повітря не менше 200 °С).

У разі якщо не планується робота з печей протягом 3-х годин і більше, температура в томильній і зварювальній зонах знижується до нижніх значень згідно з технологічною картою 1.

При зупинках обжимного стану тривалістю більше 3-х годин на розсуд старшого нагрівальник дозволяється включати всі пальники в I-й і в II-й зварювальних зонах для роботи НТЛС 1680 з методичними печами [5].

При проведенні профілактичних ремонтів стану печі переводяться на черговий режим роботи згідно ТІ 226-П.ГЛ-01-2005.

2.2 Схема інформаційних потоків

Щоб визначити кількість та види матеріальних потоків, які супроводжують технологічний процес, та інформаційних потоків, які треба контролювати або формувати при управлінні технологічним процесом необхідно на основі розглянутих алгоритмів автоматичного регулювання технологічних параметрів скласти схему інформаційних потоків. Схему інформаційних потоків наведено на рис. 2.

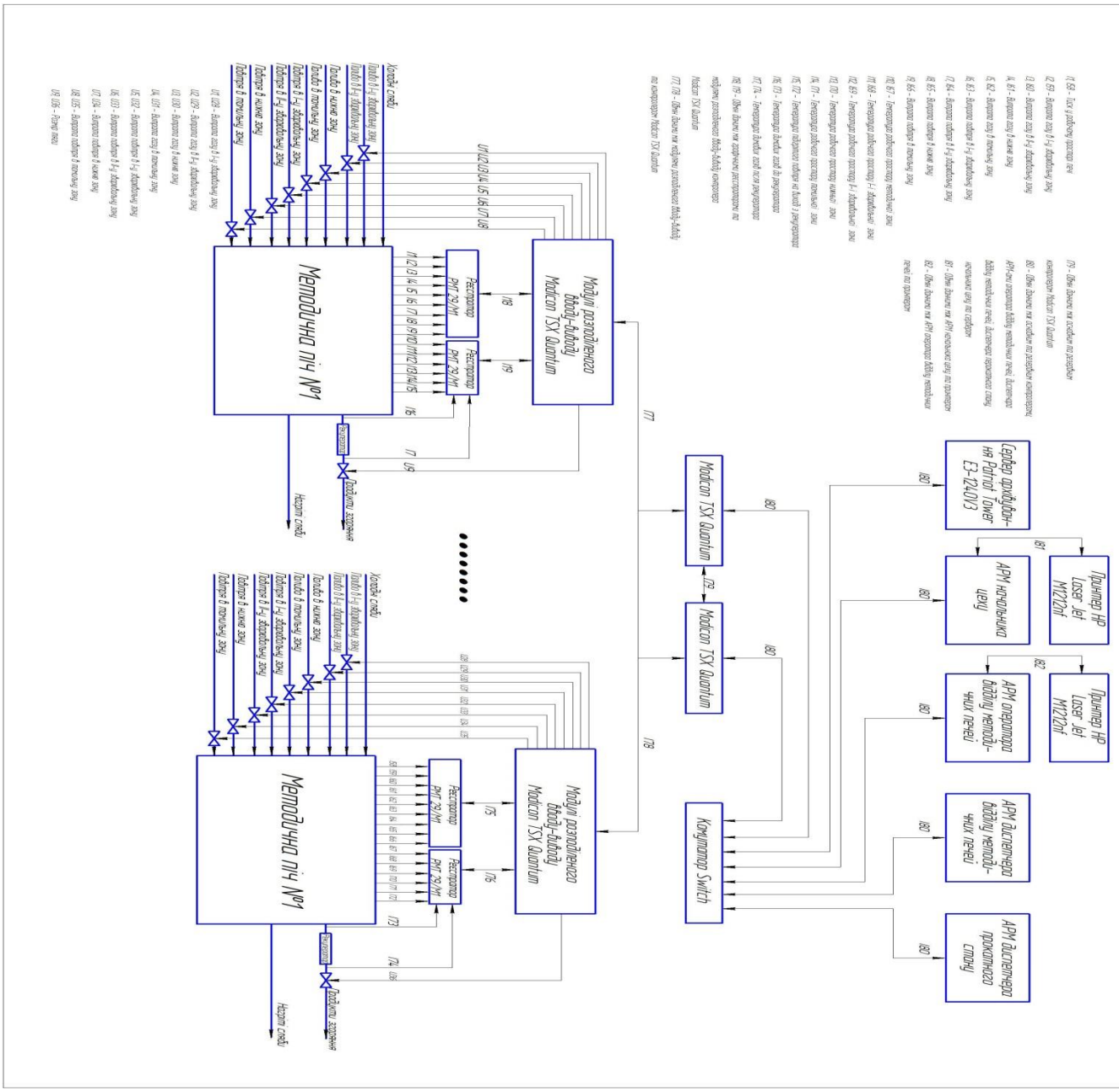


Рисунок 2.1 – Схема інформаційних потоків

Потоки інформаційних сигналів:

I1, I58 - Тиск у робочому просторі печі

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

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

I4, I61 - Витрата газу в нижню зону

I5, I62 - Витрата газу в томильну зону

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

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

I8, I65 - Витрата повітря в нижню зону

I9, I66 - Витрата повітря в томильну зону

I10, I67 - Температура робочого простору методичної зони

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

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

I13, I70 - Температура робочого простору нижньої зони

I14, I71 - Температура робочого простору томильної зони

I15, I72 - Температура підігрітого повітря на виході з рекуператора

I16, I73 - Температура димових газів до рекуператора

I17, I74 - Температура димових газів після рекуператора

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

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

I79 – Обмін даними між основним та резервним контролерами

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

Потоки регулюючих сигналів:

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

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

U3, U30 - Витрата газу в нижню зону

U4, U31 - Витрата газу в томильну зону

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

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

U7, U34 - Витрата повітря в нижню зону

U8, U35 - Витрата повітря в томильну зону

U9, U36 - Розмір тяги

2.3 Технічне завдання до верхнього рівню

2.3 Технічне завдання до верхнього рівня АСУТП відділення методичних печей

2.3.1 Вимоги до системи в цілому

2.3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Вимоги до структури та функціонування системи АСУТП повинна відповідати ГОСТ 24.104-85 "Автоматизовані системи управління. Загальні вимоги" [6].

Система повинна складатися з трьох рівнів:

- польовий рівень;
- промисловий рівень;
- верхній рівень.

На польовому рівні необхідне виконання наступних завдань:

- перетворення вимірюваних параметрів в електричний сигнал;
- управління виконавчими пристроями;
- реалізація блокувань і аварійного захисту;
- погодження сигналів від датчиків з входами в ПЗО.

При аварійних ситуаціях має спрацьовувати світлова та звукова сигналізація.

Завдання на рівні промислового виробництва:

- збір та обробка інформації яка надходить від технологічної системи;
- періодичне опитування датчиків стану;
- прийом та передача інформації від інших систем;
- виявлення відхилень технологічних параметрів від регламентуючих значень;
- реалізація завдань програмно-логічного управління технологічним процесом.

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

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

2.3.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу

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

Оперативний персонал АСУТП повинен складатися з:

- 4 оператора відділення методичних печей;
- 2 диспетчера відділення методичних печей;
- 2 диспетчера прокатного стану;
- 1 начальник цеху.

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

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

2.3.1.3 Вимоги до надійності

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

- при збоях в системі електропостачання апаратної частини, що призводять до перезавантаження ОС, відновлення програми має відбуватися після перезапуску ОС і запуску виконуваного файлу системи;

- при помилках в роботі апаратних засобів (крім носіїв даних і програм) відновлення функції системи покладається на ОС;

- при помилках, пов'язаних з програмним забезпеченням, відновлення працездатності покладається на ОС.

2.3.1.4 Вимоги до безпеки

Вся обчислювальна техніка повинна відповідати "Засобам обчислювальної техніки. Загальні технічні вимоги, правила приймання, методи випробувань, маркування, упаковка, транспортування і зберігання". При експлуатації електротехнічних виробів повинні бути передбачені засоби шумозахисту і віброзахисту, що забезпечують обмежені рівні шуму і вібрації на робочих місцях відповідно до затверджених санітарними нормами. Допустимі значення шумових і вібраційних характеристик електротехнічних виробів повинні бути встановлені в стандартах і технічних умовах на вироби конкретних видів і не повинні перевищувати значень. Вироби, які є джерелом теплового, оптичного, рентгенівського випромінювання, а також ультразвуку, повинні бути обладнані засобами для обмеження інтенсивності цих випромінювань і ультразвуку до припустимих значень. При необхідності вироби повинні бути обладнані сигналізацією, написами і табличками.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Технічні засоби повинні знаходиться в приміщення де: температура навколишнього повітря (20±5)°С;відносна вологість навколишнього повітря (60 ± 15) %; атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (680-800 мм. рт. ст.); запиленість повітря в приміщенні - не більше 1мг/куб. м при розмірі часток не більше 3 мкм; напруженість зовнішнього електричного поля повинна бути не більше 0.3V/m; напруженість зовнішнього магнітного поля повинна бути не більше

5.0А/м; частота вібрації повинна бути не більше 25 Гц при амплітуді зміщень не більше 0.1 мм.

2.3.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

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

2.3.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях

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

2.3.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Технічні засоби знаходяться в жорстких умовах металургійного підприємства, де на них може відбуватися механічний та тепловий вплив, тому було обрано прилади, які зможуть функціонувати в цих умовах. Ступінь їх захисту наведений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Ступінь захисту технічних засобів

	Назва технічного засобу	Позначення		Степінь захисту
	Термопара	ТПР-1788		IP-65
		ТХА-0188		IP-00
		ТХК-2088		IP-55
	Датчик тиску	Метран 150 CG		IP-66
		Метран 150 CD		IP-66
	Виконавчий механізм	МЕО-100/25		IP-54
	Пускач	БіСТАРТ-Р		IP-20
	Блок ручного управління	БРУ-10		IP-30
	Графічний відео реєстратор	РМТ 29/М1	лицьова панель	IP-65
			корпус	IP-20
	Промисловий комп’ютер	Magelis Compact iPC		IP-65
	Промисловий контролер	Modicon TSX Quantum		IP-20
	Блок живлення датчиків тиску	Power Box 12/5-9		IP-67
0	Комутатор	EDGE-3528		IP-67
1	Джерело безперервного живлення АРМ	Powercom PTM-850		IP-67

2	Щит КВПіА	ЩПК	IP-55
3	Шафа управління	Я5000	IP-54

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

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

2.3.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації

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

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

Екранні форми повинні проектуватися з урахуванням вимог уніфікації:

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

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

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

2.3.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою

Таблиця 2.4 - Інформаційні функції системи

Найменування параметра	Діапазон вимірювання	Спосіб отримання інформації	Місце та форма подання інформації
Методична піч №1			
Температура робочого простору методичної зони	15°С -1030°С	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.

Температура робочого простору в I зварювальній зоні	1240ºС - 1300ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Температура робочого простору в II зварювальній зоні	1240 ºС - 1320 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Температура робочого простору в нижній зоні	1050ºС-1200ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Температура робочого простору в томилній зоні	1240ºС - 1290 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Тиск в робочому просторі печі	4-5 Па	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Температура димових газів на виході з печі	930ºС - 1000 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Температура димових газів після рекуператора	700ºС – 930 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Температура підігрітого повітря	350ºС - 600 ºС	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Витрата палива до I-ї зварювальної зони	150- 170 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Витрата палива до II-ї зварювальної зони	160- 190 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.
Витрата палива до нижньої зони	630- 690 $м^3$/год	Безперервно кожні 5 с	На ЕОМ оператора, на щиті Реєстрація.

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

Для інших печей інформаційні функції аналогічні.

Таблиця 2.5 - Функції регулювання

Найменування функції	Кількість одноти пних функцій	Діапазон значення	Вид системи	Місце розташування об'єкту керування	Вимоги похибки
Витрата газу в І-у зварювальну зону	1	3000-4500$м^3$/ год	Стабілізуюча	Трубопровід газу	1%
Витрата газу в ІІ-у зварювальну зону	1	3000- 4500$м^3$/ год	Стабілізуюча	Трубопровід газу	1%
Витрата газу в нижню зону	1	3000- 4500$м^3$/ год	Стабілізуюча	Трубопровід газу	1%
Витрата газу в томильну зону	1	3000- 4500$м^3$/ год	Стабілізуюча	Трубопровід газу	1%
Розмір тяги	1	4-5 Па	Стабілізуюча	Димовідвід	1%
Витрата повітря в І-у зварювальну зону	1	35000-40000$м^3$/год	Стабілізуюча	Трубопровід повітря	2%
Витрата повітря в ІІ-у зварювальну зону	1	35000-40000$м^3$/год	Стабілізуюча	Трубопровід повітря	2%
Витрата повітря в нижню зону	1	35000-40000$м^3$/год	Стабілізуюча	Трубопровід повітря	2%
Витрата повітря в томильну зону	1	35000-40000$м^3$/год	Стабілізуюча	Трубопровід повітря	2%

Для інших печей функції регулювання аналогічні.

2.3.3 Вимоги до видів забезпечення

2.3.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення.

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

2.3.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

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

2.3.3.3 Вимога до програмного забезпечення

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

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

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

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

2.3.3.4 Вимоги до технічного забезпечення

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

2.3.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення

Клас точності приладів повинен бути не більше 3%. Усі технічні засоби повинні проходити держ. повірку і регулярно обслуговуватися метрологічною службою. Метрологічне забезпечення вимірювальних систем повинне відповідати Метрологія. "Метрологічне забезпечення вимірювальних систем. Основні положення". Значення контрольованих параметрів (технологічного процесу, технологічного обладнання) повинні бути виражені відповідно до ТСИ. Одиниці величин". Усі методики вимірювання, використовувані у сфері державного метрологічного контролю і нагляду, повинні бути атестовані. Для

технічних засобів, що беруть участь в процесі вимірювання контрольованих параметрів повинні бути забезпечені відповідні умови експлуатації (температура, вологість). Повинен бути забезпечений контроль умов їх експлуатації в приміщеннях управління.

2.3.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення

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

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

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

2.3.3.7 Вимоги до патентної чистоти

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

АСУ ТП повинна розроблятися з використанням ліцензійних програмних продуктів.

Уточнення вимог по патентній чистоті повинно проводитися в договорах на проведення робіт по створенню компонентів системи. При цьому необхідно привести відомості про наявність ліцензій на використовуване технічного і програмного забезпечення.

3. РОЗРОБКА АСУТП

3.1 Аналіз діючих систем автоматизації, математичних моделей та алгоритмів управління

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

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

На маріупольському металургійному комбінаті ПАТ “ММК ім. Ілліча” для нагріву слябів перед прокаткою використовують семизонну методичну штовхальну піч.

Система автоматичного регулювання (САР) методичної печі призначена для:

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

Підсистема регулювання температури функціонує для кожної зони печі і включає два перетворювача температури: для першої зони - хромель-алюмелеві перетворювачі ТХА Метран-201, для інших шести зон - платинородій-платинові перетворювачі ТПП Метран-211. Розглянемо дану підсистему на прикладі першої зони. Сигнали з датчиків температури у вигляді т.е.д.с. надходять на блок перетворення сигналів термопар БПТ-22, де перетворюються

на стандартний струмовий сигнал 4-20 ma. Перетворені сигнали надходять на входи контролера Siemens Simatic S7-400 (далі контролер) В1, В2, а також на входи індикаторів технологічних мікропроцесорних ІТМ-11.

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

За допомогою перемикача ПКл1 здійснюється вибір режиму управління «локальне/ЕОМ». Перемикання між режимами «автомат/ручне» проводиться за допомогою блоку ручного управління БРУ-32.

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

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

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

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

Якість спалювання палива відстежується за допомогою універсальних промислових газоаналізаторів LDS 6 фірми Siemens, стандартний струмовий сигнал 4-20 mA з яких подається на входи контролера В57, В58 і на вторинний прилад ІТМ-11. Датчики встановлені на вході в димовій тракт для контролю спалювання палива в першій і другій, третій зонах, і в п'ятій зоні для контролю спалювання палива в четвертій, п'ятій і шостій, сьомій зонах.

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

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

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

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

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

3.2 Вибір та обґрунтування функціональної структури АСУТП

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

АСУ ТП відділення методичних печей створюється для досягнення наступних цілей:

– забезпечення заданої продуктивності;

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

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

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

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

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

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

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

АСУ ТП вирішує такі завдання:

- забезпечення технологічного персоналу оперативною інформацією про хід технологічного процесу;

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

- формування та подання попереджувальних аварійних повідомлень;

- діагностику технічних засобів і стану технологічного обладнання;

- візуалізацію параметрів технологічного процесу, висновок діагностичних повідомлень;

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

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

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

3.2.1 Визначення кількості рівнів АСУТП

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

Система управління повинна мати такі рівні управління виробництвом:

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

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

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

обробки виробничої та техніко-економічної інформації, що надходить від усіх підсистем [8].

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

3.2.2 Опис функціонування КТЗ.

Комплекс технічних засобів має трирівневу систему на основі якісного обладнання забезпечує узгоджену роботу АСУ ТП відділення методичних печей та АСУ ТП прокатного стану. Схема КТЗ зображена на плакаті ФАСУВ Д2.140560 001.КТЗ.

Для нормального функціонування КТЗ необхідно забезпечити живлення датчиків, відео реєстраторів, контролерів, комп’ютерів та інших приладів [6].

Загальне введення живлення КТЗ системи здійснюється від розділового трансформатора 380В / 220В до автоматичного вимикача SQ2 "Контролер" (сх. ДОН 20.569.0903 Е3). Трансформатор і автоматичний вимикач SQ2 розташовані на задній панелі кожного щита КВП приміщення КВПіА. Від SQ2 відходять дві кабельні лінії. Лінія-1 підключена до феррорезонансного стабілізатору, встановленому в електроприміщеннях цеху. Лінія-2 йде в шафу управління.

Введення живлячої напруги ~ 220В в шафу здійснюється по двох лініях. Ввід-1 "Стабілізованої напруги" від феррорезонансного стабілізатора потужністю 900 Вт підключене до ввідного автомата SA1. Ввід-2 "Нестабілізованої напруги" підключений до ввідного автомата SA2. До вводу-1 підключені джерела живлення оперативної напруги і джерело безперебійного живлення. До вводу-2 підключена система вентиляції та освітлювальна лампа.

Для живлення датчиків тиску Метран 150 використовується блок живлення БП Power Box, (по одному на кожну піч).

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

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

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

Для живлення контролерів, комутатор та комп'ютерів, які використовуються в якості АРМ використовуються ДБЖ Powercom PTM-850.

Оскільки, система побудована за трирівневим принципом , то опис функцій по рівнях має вигляд:

1) нижній рівень: підсистема нижнього рівня здійснює збір інформації за допомогою датчиків, які по мережі Modbus RTU передають дані в програмований логічний контролер, та управління виконавчими механізмами. Датчики виконують збір значень параметрів (таблиця 2.1) з технологічного об'єкту та передають їх на середній рівень. З середнього рівня надходять сигнали, які подаються на пускач, що формує сигнал 220В, який впливає на регулюючий орган типу МЕО;

2) середній рівень: підсистема середнього рівня здійснює обробку інформації, що надійшла з нижнього рівня, реєстрацію і стабілізацію технологічних параметрів, підготовку та видачу оперативної інформації на третій рівень, отримання виробничих обмежень і завдань від третього рівня. Інформація з нижнього рівня надходить на графічний відео реєстратор. Відео реєстратор відображає значення параметрів та передає їх на контролер через мережу Modbus. Контролер обробляє отриману інформацію за заданою програмою та формує керуючий вплив, який подається з виходу контролера на вхід блоку ручного управління. Далі сигнал подається на нижній рівень.

На цьому рівні здійснюється керування температурою робочого простору опалювальних зон методичних печей шляхом формування керуючого впливу на зміну подачі газу до опалювальних зон, керування тиском в томильних зонах шляхом формування керуючого впливу на зміну положення шибера та керування співвідношенням газ-повітря шляхом формування керуючого впливу на зміну подачі повітря до опалювальних зон методичних печей.

У підсистемі середнього рівня здійснюється виконання функції « гарячого резервування» основних вузлів управління.

3) рівень АРМ: підсистема верхнього рівня здійснює передачу робочих програм нагріву металу в методичних печах і роботи прокатного стану в підсистему середнього рівня, надає можливість встановлення та коригування заданих параметрів програм управління, а також дистанційного керування роботою печей та стану, візуалізацію роботи системи у вигляді мнемосхем і трендів, архівування, протоколювання і довготривале зберігання інформації про технологічний процес, контроль, сигналізацію і реєстрацію порушень регламентних та аварійних кордонів, діагностування технічних засобів, контроль параметрів за викликом, зв'язок між автоматизованими робочими місцями диспетчера ділянки методичних печей, диспетчера прокатного стану, оператора відділу методичних печей та начальника цеху, а також передачу інформації на сервер [8].

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

До основних технічних величин які необхідно вимірювати належать:

- Температура робочого простору в зонах печі;
- Тиск робочого простору печі;
- Витрата палива до опалювальних зон;
- Витрата повітря до опалювальних зон;
- Температура димових газів до рекуператора;
- Температура димових газів після рекуператора;
- Температура підігрітого повітря;

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

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

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

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

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

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

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

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

Для контролю витрати повітря на кожній печі встановлені на підвідному до печі повітряпроводі вимірювальна діафрагма і мембранний дифманометр [5].

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

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

Показуючі графічні відео реєстратори, вузли розподіленої системи вводу-виводу DIO, блоки ручного управління та інше допоміжне обладнання розташовується на щитах управління роботою методичних печей ЩПК, які

мають ступінь захисту IP-55. В свою чергу щит встановлюється на безпечній від агрегату відстані, забезпечуючи вільний доступ, але він не повинен перешкоджати проходу.

Контролер розташований в шафі управління Я5000, яка має ступінь захисту IP-54 , яка знаходиться в сусідньому приміщенні.

3.2.4 Обгрунтування вибору КТЗ

3.2.4.1 Датчики температури

Вибір датчиків технологічних параметрів здійснюється згідно стандартам і вимогам підприємства з урахуванням ряду факторів метрологічного і режимного характеру, найбільш суттєві з яких наступні: відстань на яку може бути передана інформація яка знімається з датчиків, граничне значення вимірюваної величини, допустима до СА похибка, вплив зовнішніх факторів навколишнього середовища.

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

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

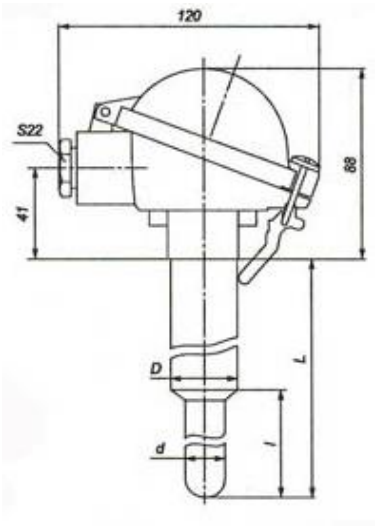


Рисунок 3.1 – Термопара ТПР

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

Згідно з наведеними умовами для контролю температури робочого простору методичної зони та температури димових газів до та після рекуператора обраний контактний термоелектричний метод, а в якості датчика - термоперетворювач ТХА-0188, який відповідає всім вищевказаних вимогам. Діапазон вимірюваної температури становить -40–1000^{o}C. Похибка - 4,5 ^{o}C. Клас точності – 2.

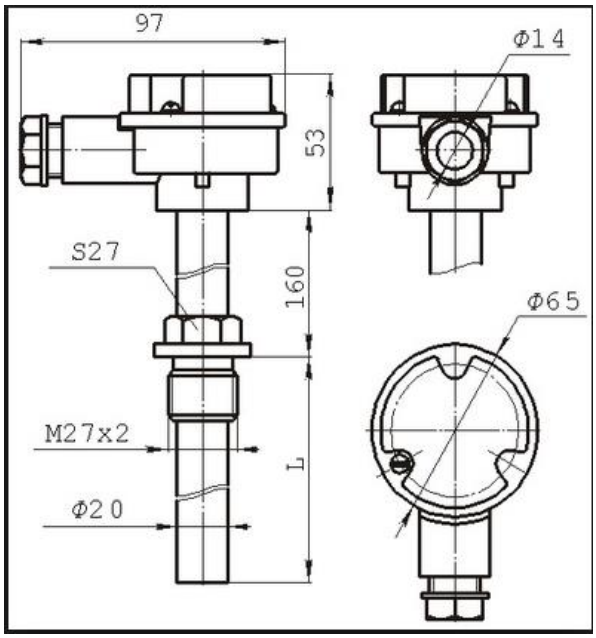


Рисунок 3.2 – Термопара ТХА

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

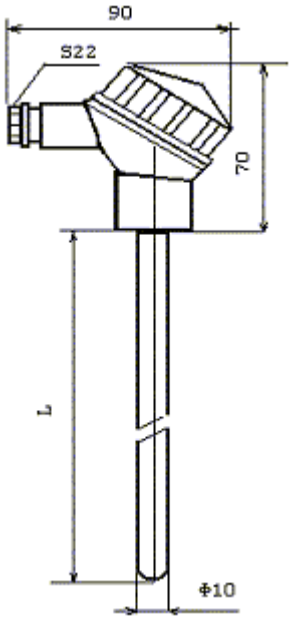


Рисунок 3.3 – Термопара ТХК

3.2.4.2 Датчики тисків

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

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

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

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

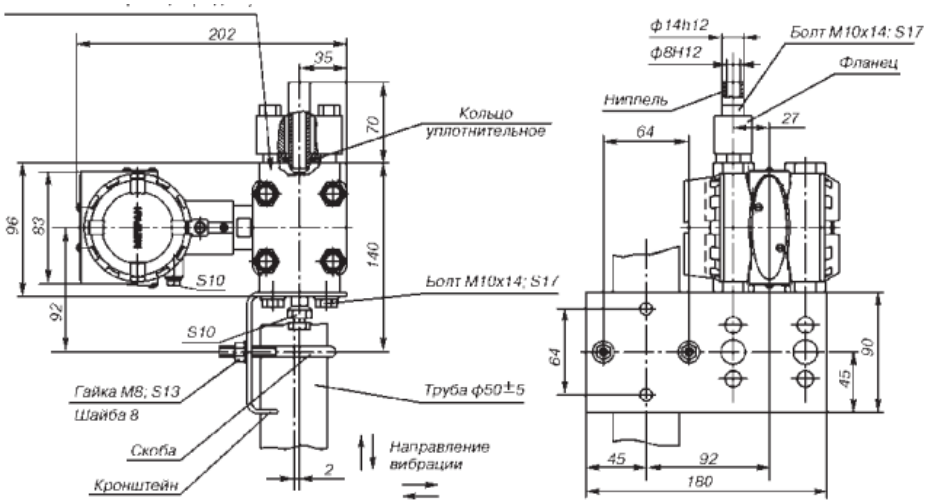


Рисунок 3.4 – Метран 150

3.2.4.3 Графічний відео реєстратор РМТ 29/М1

У якості вторинного реєструючого приладу були обрані графічні відереєстратори РМТ 29/М1 які обслуговуватимуть всю систему автоматизації ділянки методичних печей. Вони являють собою більш зручний спосіб експлуатації ніж застарілі самописці Диск 250. Крім графічного перегляду на дисплеї реєстратора передбачений роздрук даних у цифровому вигляді завдяки прямому підключенню принтера до приладу через порт USB або передачі всієї інформації на ПК [11].



Рисунок 3.5 – Регістратор багатоканальний РМТ 29/М1

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

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

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

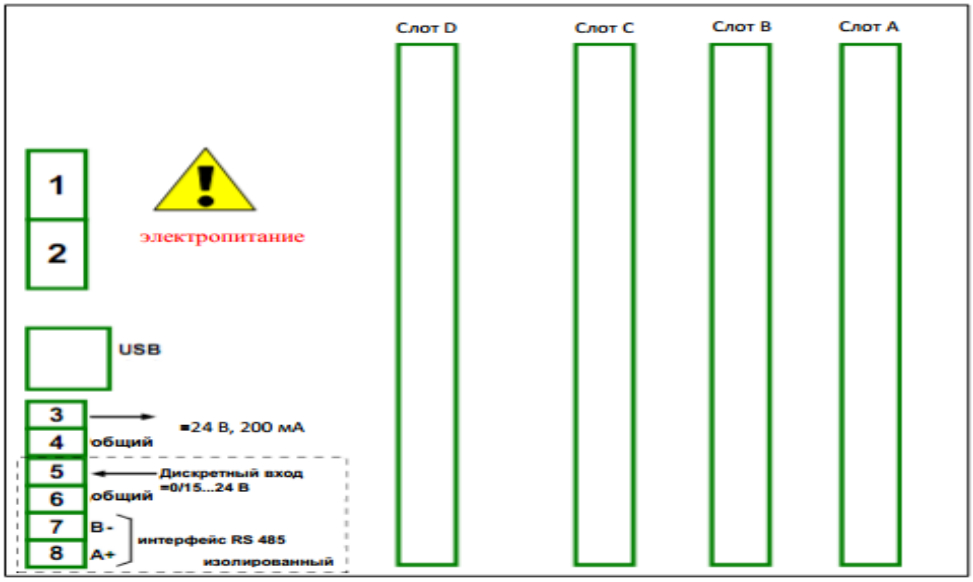


Рисунок 3.6 – Слоти РМТ 29

У базовій модифікації пристрій містить:

- Модуль живлення, що має в своєму складі мережевий перетворювач, USB-порт, дискретний вхід, стабілізований джерело живлення (= 24 В, 200 мА), інтерфейс RS 485;
- 3-канальний (А3) або 5-канальний (А5) універсальний модуль аналогового введення, який може приймати любий тип аналогового вхідного сигналу, установленний в слот А.

Залежно від потреб замовника, модифікація може бути доповнена:

- модулями входу/виходу (що встановлюються в слоти В і С);
- інтерфейсними модулями І1 (USB + Ethernet) або - І2 (розширений модуль інтерфейсів RS 232, 2xRS 485, Ethernet і USB) (слот D).

Проектне компонування РМТ 29/М1 здійснюється на основі інформації про кількість та вид вхідних сигналів (Додаток Б), які надходять до реєстратора. Відповідно додатку Б, кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків з однієї методичної печі до реєструючих приборів дорівнює 17. Усі

вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20мА. Тому доцільно буде встановити 2 відеореєструючих прилади РМТ 29/М1 на одну піч та встановити в них модулі аналогового вводу на 3 канали (А3).

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

17 *вхідних сигналів* : 3 *каналів вводу* = 6 *модулів* А3

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

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

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

Виріз в щиті - 90,5 × 90,5 мм (М1), 138 × 138 мм (М2);

Напруга живлення - ~ 85 ... 249 В, (50 ± 1) Гц; споживана потужність - не більше 20 Вт;

Маса - не більше 0,5 кг (М1), 1 кг (М2).

3.2.4.4 Промисловий контролер Modicon TSX Quantum.

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



Рисунок 3.7 - Промисловий контролер Modicon TSX Quantum.

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 [9].

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

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

Мережа розподіленого вводу-виводу DIO в мінімальній конфігурації складається з одного контролера і одного або більш вузлів розташованих поблизу з об'єктами. Кожен вузол складається зі спеціального адаптера DIO з вбудованим блоком живлення або блока Momentum [9].

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

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

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

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

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

Відповідно табл.2.1, кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера дорівнює 68. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20мА. Ці сигнали надходять на графічний відео реєстратор РМТ 29/М1, а з нього через інтерфейс RS-485 вони надходять до центрального процесорного модулю CPU через порт Modbus.

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

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

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

18 *вихідних сигналів* : 16 *каналів виводу* = 1,125 ≈ 2 *модулі* 140 DRA 840 00

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

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

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

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

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

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

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

Для функціонування контролерів потрібні модулі живлення, які необхідно розрахувати, користуючись підсумковим струмом, що споживають усі модулі контролера. Враховуючі, що аналогові модулі вводу та дискретні модулі виводу розташовуються на розподіленому шасі, де в якості модуля живлення

використовується адаптер вузла DIO, то для розрахунку споживаного струму потрібно враховувати модулі тільки центральної панелі.

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

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

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

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

3.2.4.5 Блок ручного управління БРУ-10



Рисунок 3.8 – Блок ручного управління БРУ-10.

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

- багатофункціональної станції ручного управління аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами;

- блоку ручного задатчика аналогового сигналу;

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

- цифрового індикатора двох технологічних параметрів.

Область застосування:

- індикатор двох фізичних величин;

- ручний аналоговий задатчик аналогових уніфікованих сигналів;

- ручний задатчик імпульсних сигналів типу більше-менше;

- станція ручного управління аналоговим виконавчим механізмом;

- станція ручного управління імпульсним виконавчим механізмом;

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

- перетворювач імпульсних ШІМ-сигналів у вихідний уніфікований сигнал;

- перетворювач (конвертор) вхідних аналогових уніфікованих сигналів у вихідний аналоговий уніфікований сигнал [8].

Технічні характеристики:

- кількість каналів вимірювання: 2;

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

- період виміру: 0,25 сек;

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

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

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

- діапазон зміни установки завдання: 0 - 100%;

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

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

- кількість розрядів цифрового індикатора: 4;

- кількість розрядів лінійного індикатора: 21;

- висота цифр світлодіодних індикаторів: 10 мм;

- висота сегмента лінійних індикаторів: 5 мм;

- комутаційна здатність контактів реле з магнітною блокуванням:

постійний струм ... <30 В, <0,250 А;

змінний струм ... <220 В, <0,100 А;

- температура навколишнього середовища: від -40 ° С до + 70 ° С;

- напруга живлення: від мережі змінного струму ~ (220 ± 22) В, (50 ± 1) Гц;

- потужність: не більше 6 Вт;

- корпус (ВхШхГ): щитової 96х96х185 мм DIN43700, IP30;

- монтажна глибина: 240 мм;

- маса блоку: не більше 1,1 кг.

3.2.4.6 Реверсивний пристрій плавного пуску БіСТАРТ-Р.

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

Пристрої плавного пуску "БиСТАРТ-Р" являють собою багатофункціональні реверсивні тиристорні пускачі і можуть замінювати традиційні реверсивні збірки з магнітних пускачів і додаткових пристроїв захисту і динамічного гальмування двигуна [10].



Рисунок 3.9 – Реверсивний пристрій плавного пуску БіСТАРТ-Р.

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

- універсальне рішення для реверсивних і нереверсивних механізмів;
- комплексний захист устаткування з діагностикою несправностей;
- компактні розміри і мінімальні витрати на монтаж;
- висока частота включень (до 1200вкл / год);
- висока перешкодозахищеність і мінімальний рівень перешкод;
- високоефективне двонапівперіодне гальмування постійним струмом;
- регулятор струму при плавному пуску і гальмуванні постійним струмом;

- модифікації для різних сигналів управління: ~ 220..380В, ~ 24..50В, = 24..50В, сухий контакт (вбудований джерело 24В);

- модифікації зі спеціальними функціями (для дробарок, підйомно-транспортних механізмів та ін.).

- мають ступень захисту IP20.

3.2.4.7 Електричний виконавчий механізм МЕО-100/25.



Рисунок 3.10 – Електричний виконавчий механізм МЕО-100/25.

Призначення МЕО-100 / 25-0,25-99:

- для переміщення регулюючих органів в системах автоматичного регулювання технологічними процесами відповідно до командних сигналів, які надходять від регулюючих і керуючих пристроїв;

- може застосовуватися в різних галузях народного господарства: у газової, нафтової, металургійної, харчової промисловості, в житлово-комунальному господарстві і т.д. [8].

Склад МЕО-100 / 25-0,25-99:

- редуктор;

- електродвигун;

- блок сигналізації положення;

- панель;

- штепсельне рознімання;

- болт заземлення;

- ручний привід.

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

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

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

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

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

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

3.3 Програмно-технічне забезпечення верхнього рівня АСУТП.

3.3.1 Загальні положення

Програмне забезпечення повинно бути розроблене з підтриманням мов стандарту IEC-61131-3. Розробка автоматизованих систем управління повинна бути виконана з використанням додаткових опцій для реалізації всіх функцій системи управління і мати можливість модернізації та розширення.

Для реалізації операторського управління використовуються SCADA-системи з широким набором можливостей.

3.3.2 Структура ПЗ і функції (базове і прикладне ПЗ).

Інформаційна технологія передбачає поєднання апаратного і програмного забезпечення.

Під програмним забезпеченням інформаційних комп'ютерних технологій розуміють сукупність програмних і документальних засобів для створення та експлуатації систем обробки даних засобами обчислювальної техніки.

Залежно від функцій, які виконує програмне забезпечення, його можна поділити на дві групи: базове (системне) програмне забезпечення і прикладне програмне забезпечення.

Базове ПЗ організує процес обробки інформації в комп'ютері і забезпечує відповідне робоче середовище для прикладних програм.

Утиліти надають користувачеві додаткові послуги щодо обслуговування дисків і файлової системи (форматування дисків, забезпечення збереження інформації, створення і відновлення архівів, захист від комп'ютерних вірусів тощо). За допомогою прикладних програм на комп'ютері розв'язують конкретні задачі.

Програмні засоби антивірусного захисту забезпечують діагностику (виявлення) і лікування (нейтралізацію) вірусів. Терміном "вірус" позначається програма, здатна розмножуватись, приєднуючись до інших програм і здійснюючи при цьому різні небажані дії.

Транслятором мови програмування називається програма, що здійснює переклад тексту програми з мови програмування в машинні коди.

Залежно від способу перекладу з вхідної мови (мови програмування) транслятори поділяються на компілятори та інтерпретатори. У компіляції процеси трансляції і виконання програми розділені в часі. Інтерпретатор здійснює трансляцію і негайне виконання кожного оператора вихідної програми.

3.3.3 Промисловий комп’ютер. Обґрунтування та вибір.

Для забезпечення безперервного відображення інформації про стан технологічного процесу необхідно мати комп’ютер який відповідає наступним умовам:

- згідно характеристикам відповідає характеристикам SCADA Трейс Моуд 6, водночас має деякий запас потужності для нормального функціонування комп’ютера;

- має достатньо портів для отримання інформації від контролера та передачу інформації до суміжних АРМ (порт Ethernet);

- має достатній запас надійності для безперервного функціонування без перезавантажень та відключень тривалий час.

Для організації верхнього рівня АСУТП відділення методичних печей використовується промисловий комп’ютер Magelis Compact iPC.

Нові промислові комп'ютери Magelis Compact iPC створені за останніми технологіями в області ПК.

Вони мають достатню продуктивність: процесор Celeron M з частотою від 1 до 1,3 ГГц, Intel Pentium M з частотою 1,6 ГГц

Протоколи доступу: вбудований Ethernet TCP / IP, два мережевих інтерфейсу Ethernet і або бездротова мережа, плати розширення PCI або PCMCIA

Відкритість: мікропроцесор Intel Pentium, операційна система Microsoft Windows

Нові промислові ПК створені за останніми технологіями в області ПК. Будучи повністю відкритими, їх невід'ємні характеристики роблять їх привабливим і розширюваним рішенням, яке можна з легкістю адаптувати під потреби виробників обладнання. Поставляється в типорозмірах 8,4, 12 або 15 дюймів [12].

3.3.4 Операційна система. Обгрунтування та вибір.

Під час створення КТЗ потрібно мати на увазі, що операційна система повинна бути сумісна з програмними засобами задіяними в проекті і повністю задовольняти потреби користувача.

Такою операційною системою є ОС Windows 7. Операційна система має функцію підтримки мультічат-управління. Перевагами операційної системи є автоматичне визначення драйверів саме для вашого ПК. Разом з Windows 7 встановлюється DirectX 11-версії, вперше цю версію застосували саме в цій операційній системі [13].

У Windows 7 безліч інтерфейсів, які спрощують роботи з даною версією операційної системи.

В операційну систему Windows 7 включена програма, яка допоможе користувачеві налагодити сумісність вашого ПК з пропонованими драйверами, програма автоматично визначає версію вашого ПО і встановлює тільки необхідні драйвера для роботи вашої системи.

У Windows 7 передбачене налаштування сумісності з нею багатьох програм, розроблених для інших ОС. Це дає можливість використання у цій системі великої кількості різноманітного програмного забезпечення, на відміну від інших операційних систем.

Робота РМТ 29 відбувається під управління ОС Linux.

Linux - це сучасна POSIX-сумісна і Unix-подібна операційна система для персональних комп'ютерів і робочих станцій.

Це багатокористувальницька мережна операційна система з мережевою віконною графічною системою X Window System. ОС Linux підтримує стандарти відкритих систем і протоколи мережі Internet і сумісна з системами Unix, DOS, MS Windows. Всі компоненти системи, включаючи вихідні тексти, поширюються з ліцензією на вільне копіювання і установку для необмеженого числа користувачів [14].

ОС Linux широко поширена на платформах Intel PC 386/486 / Pentium / Pentium Pro і завойовує позиції на ряді інших платформ (DEC AXP, Power Macintosh та ін.).

Особливості ОС Linux:

- дає можливість безкоштовно і легально мати сучасну ОС для використання як на роботі, так і вдома;

- володіє високою швидкодією;

- працює надійно, стійко, зовсім без зависань;

- не схильна до вірусів;

- дозволяє використовувати повністю можливості сучасних ПК, знімаючи обмеження, властиві DOS і MS Windows з використання пам'яті машини і ресурсів процесора;

- ефективно управляє багатозадачністю і пріоритетами, фонові завдання (тривалий розрахунок, передача електронної пошти по модему, форматування дискети і т.д. і т.п.) не заважають інтерактивній роботі;

- дозволяє легко інтегрувати комп'ютер у локальні і глобальні мережі, в т.ч. в Internet; працює з мережами на базі Novell і MS Windows;

- дозволяє виконувати представлені в форматі завантаження прикладні програми інших ОС - різних версій Unix, DOS і MS Windows;

- забезпечує використання величезного числа різноманітних програмних пакетів, накопичених у світі Unix і вільно розповсюджуваних разом з вихідними текстами;

- надає багатий набір інструментальних засобів для розробки прикладних програм будь-якого ступеня складності, включаючи системи класу клієнт-сервер, об'єктно-орієнтовані, з багатовіконний текстовим і/або графічним інтерфейсом, придатних для роботи як в Linux, так і в інших ОС;

- дає користувачеві і особливо розробнику чудову навчальну базу у вигляді багатої документації та вихідних текстів всіх компонентів, включаючи ядро самої ОС;

- дає всім бажаючим спробувати свої сили в розробці, організувати спілкування і спільну роботу через Internet з будь-якими з розробників ОС Linux і зробити свій внесок, ставши співавтором системи.

3.3.5 SCADA-система Trace Mode 6

Для візуального відображення технологічного процесу необхідна SCADA-система, за допомогою якої можна буде у реальному часі відстежувати

поточні значення параметрів, виконувати управління технологічним процесом у ручному режимі роботи, здійснювати програмування промислового контролера, забезпечувати обмін з базою даних та математичною моделлю. Такою SCADA-системою є Trace Mode 6.

TRACE MODE - це універсальний засіб розробки та налагодження додатків для автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) і управління виробництвом (АСУВ) [15].

Інструментальна система TRACE MODE 6 складається з інтегрованого середовища розробки та налагоджувального монітора реального часу - профайлера.

Інтегроване середовище розробки TRACE MODE 6 являє собою єдину програмну оболонку, що об'єднує всі основні компоненти інструментальної системи:

- SOFTLOGIC - систему програмування контролерів;
- SCADA / HMI - систему розробки розподіленої АСУТП;
- MES-EAM-HRM - для створення АСУП, повністю інтегрованих з АСУТП.

У інтегроване середовище розробки TRACE MODE 6 вбудовані більше десяти редакторів, які автоматично відкриваються при виклику того або іншого компоненту проекту. Серед них:

- Редактор графічних екранних форм;
- Редактор програм на візуальній мові Techno FBD;
- Редактор програм на візуальній мові Techno SFC;
- Редактор програм на візуальній мові Techno LD;
- Редактор програм на процедурній мові Techno ST;
- Редактор програм на процедурній мові Techno IL;
- Редактор шаблонів документів;
- Редактор SQL-запитів;
- Редактор паспортів обладнання (EAM);
- Редактор персоналу (HRM);

- Редактор матеріальних ресурсів (MES);

Крім того, інтегроване середовище розробки TRACE MODE (професійної лінії) містить великі бібліотеки готових компонентів і алгоритмів:

- безкоштовні драйвери до більш ніж 2511 контролерів і плат вводу / виводу;
- понад 1000 графічних зображень;
- понад 600 анімаційних об'єктів;
- більше 150 алгоритмів обробки даних і управління.

Алгоритми управління на всіх рівнях АСУ програмуються на одних і тих же мовах стандарту IEC 61131-3. Зв'язки між компонентами різних рівнів, наприклад, між SOFTLOGIC-контролером і сервером АСУТП або між двома серверами створюються автоматично за допомогою унікальної технології автопобудови в рамках єдиного проекту розподіленої АСУ, тому обчислення можуть бути легко перенесені з комп'ютера в контролер або навпаки. Всі редактори тісно інтегровані з потужними засобами налагодження, завдяки чому досягається максимальний комфорт розробки складних розподілених АСУТП і АСУП.

Всі компоненти проекту - екрани, програми, навігатор проекту TM6SQL-запити, шаблони документів, канали TRACE MODE і джерела даних пов'язані між собою через аргументи. Аргументи дозволяють досягти максимальної гнучкості при створенні зв'язків між окремими компонентами.

Інтегроване середовище розробки дозволяє поступово нарощувати функціональність АСУ, починаючи з простого моніторингу та візуалізації технологічного процесу на одному ПК SCADA / HMI і закінчуючи реалізацією складних контурів управління, організацією розподілених обчислень, підключенням додаткових робочих місць та економічних модулів: облік і технічне обслуговування устаткування (EAM) , облік і управління персоналом (HRM) та управління виконанням виробництва (MES). При цьому розробник не буде відчувати ніякого психологічного дискомфорту при переході, наприклад, від програмування операторського інтерфейсу SCADA / HMI до SOFTLOGIC

контролерам або EAM, адже редактори, засоби налагодження та мови програмування використовуються одні й ті ж.

Інтегроване середовище розробки TRACE MODE 6 може запускатися паралельно з виконавчим модулем - Монітором реального часу (MPB) на одному ПК, що дуже зручно для супроводу малих АСУТП.

Відредагований проект може бути автоматично оновлено на віддалених серверах SCADA / HMI, MES, EAM, HRM і в SOFTLOGIC-контролерах.

Інструментальна система розробки TRACE MODE 6 забезпечена спеціальним налагоджувальний монітором реального часу - профайлером. Це різновид виконавчого модуля TRACE MODE, призначена для налагодження проекту АСУТП в реальному часі. Від звичайного MPB профайлер відрізняється тим, що протоколює всі свої дії в текстовому файлі. Профайлер це самостійний додаток, але проект може бути запущений в ньому з інтегрованого середовища розробки TRACE MODE 6 натисненням однієї кнопки на панелі інструментів.

Інтегроване середовище розробки TRACE MODE 6 це унікальне поєднання багатющої функціональності і інтуїтивності інтерфейсу. Практика показує, що використання інтегрованого середовища розробки дозволяє економити до 30% робочого часу в порівнянні з застосуванням розрізнених редакторів SCADA / HMI і систем програмування контролерів. А інтеграція економічних модулів T-FACTORY і SCADA системи TRACE MODE відкриває раніше недоступні можливості для оптимізації виробництва в цілому.

3.4 Обчислювальні мережі та промислові протоколи верхнього рівня

3.4.1 Топологія мережі

При розробці АСУТП відділення методичних печей необхідно забезпечити коректний обмін даними між реєструючими пристроями та контролером. Також

необхідно забезпечити обмін між контролером. Автоматизованими робочими місцями та сервером.

Для обміну даними між реєструючими пристроями та контролером застосована топологія мережі типу “Шина” [8].

Топологія типу загальна шина являє собою загальний кабель (званий шина або магістраль), до якого приєднані всі робочі станції. На кінцях кабелю знаходяться термінатори, для запобігання відбиття сигналу.

Топологія загальна шина припускає використання одного кабелю, до якого підключаються всі комп'ютери мережі. Відправлюване якой-небудь робочій станціїї повідомлення поширюється на всі комп'ютери мережі. Кожна машина перевіряє кому адресоване повідомлення - якщо повідомлення адресовано їй, то обробляє його. Приймаються спеціальні заходи для того, щоб при роботі із загальним кабелем комп'ютери не заважали один одному передавати і приймати дані. Для того, щоб виключити одночасну посилку даних, застосовується або «несучий» сигнал, або один з комп'ютерів є головним і «дає слово» інших комп'ютерів такої мережі.

Переваги:

- Невеликий час установки мережі;
- Дешевизна (потрібно кабель меншої довжини і менше мережевих пристроїв);
- Простота настройки;
- Вихід з ладу однієї робочої станції не відбивається на роботі всієї мережі;

Недоліки:

- Неполадки в мережі, такі як обрив кабелю або вихід з ладу термінатора, повністю блокують роботу всієї мережі;
- Утрудненість виявлення несправностей;
- З додаванням нових робочих станцій падає загальна продуктивність мережі.

На верхньому рівні АСУ ТП для зв'язку АРМ диспетчеру відділу методичних печей, АРМ диспетчеру прокатного стану, АРМ оператору відділу методичних печей, АРМ начальника цеху та серверу архівування даних застосована топологія мережі типу "Зірка". У якості зв'язної ланки використано комутатор.

Зірка - це топологія локальної мережі, де кожна робоча станція приєднана до центрального пристрою (комутатора або маршрутизатора). Центральний пристрій керує рухом пакетів у мережі. Кожен комп'ютер через мережеву карту підключається до комутатора окремим кабелем. При необхідності можна об'єднати разом кілька мереж з топологією "зірка" - в результаті отримаємо конфігурацію мережі з деревовидної топологією [8].

Топологія "зірка" на сьогоднішній день стала основною при побудові локальних мереж. Це сталося завдяки її численних переваг:

- вихід з ладу однієї робочої станції або пошкодження її кабелю не відбивається на роботі всієї мережі в цілому;
- відмінна масштабованість: для підключення нової робочої станції достатньо прокласти від комутатора окремий кабель;
- легкий пошук і усунення несправностей і обривів в мережі;
- висока продуктивність;
- простота налаштування і адміністрування;
- в мережу легко вбудовується додаткове обладнання.

Однак, як і будь-яка топологія, "зірка" не позбавлена недоліків:

- вихід з ладу центрального комутатора обернеться непрацездатністю всієї мережі;
- додаткові витрати на мережеве обладнання - пристрій, до якого будуть підключені всі комп'ютери мережі (комутатор);
- число робочих станцій обмежена кількістю портів в центральному комутаторі.

Для запобігання обриву мережі обраний найбільш надійний комутатор EDGE-3528.

Зірка - найпоширеніша топологія для дротяних і бездротових мереж. Прикладом зіркоподібною топології є мережа з кабелем типу вита пара, і комутатором в якості центрального пристрою. Саме такі мережі зустрічаються в більшості організацій.

3.4.2 Інтерфейси та протоколи.

При розробці АСУТП відділення методичних печей необхідно забезпечити коректний обмін даними між датчиками та реєструючи ми пристроями та контролером. Також необхідно забезпечити обмін між контролером. Автоматизованими робочими місцями та сервером.

При розробці АСУТП відділення методичних печей були задіяні інтерфейси RS-485, для обміну даними між відео реєстраторами, та контролером, та Ethernet для обміну даними між контролером та автоматизованими робочими місцями операторів та диспетчерів. Також за допомогою інтерфейсу Ethernet відбувається передача даних з АРМ на сервер архівування.

RS-485 (англ. Recommended Standard 485), EIA-485 (англ. ElectronicIndustries Alliance-485) - стандарт фізичного рівня для асинхронного інтерфейсу. Регламентує електричні параметри напівдуплексної багатоточкової диференціальної лінії зв'язку типу «загальна шина» [8].

У стандарті RS-485 для передачі і прийому даних використовується одна вита пара проводів, іноді супроводжується екранованою опліткою або спільним проводом. Передача даних здійснюється за допомогою диференціальних сигналів. Різниця напруги між провідниками однієї полярності означає логічну одиницю, різниця інший полярності - нуль.

Електричні і часові характеристики інтерфейсу RS-485:

- до 32 приймачів в одному сегменті мережі;
- максимальна довжина одного сегмента мережі: 1200 метрів;
- тільки один активний передавач;

- максимальна кількість вузлів в мережі - 256 з урахуванням магістральних підсилювачів [4].

Для передачі даних через інтерфейс RS-485 використовується протокол Modbus RTU.

Modbus - комунікаційний протокол, заснований на архітектурі «клієнт-сервер». Широко застосовується в промисловості для організації зв'язку між електронними пристроями. Може використовувати для передачі даних через послідовні лінії зв'язку RS-485, RS-422, RS-232, а також мережі TCP/IP (Modbus TCP) [8].

Специфікація Modbus описує структуру запитів і відповідей. Їх основа - елементарний пакет протоколу, так званий PDU (Protocol Data Unit). Структура PDU не залежить від типу лінії зв'язку і включає в себе код функції і поле даних. Код функції кодується однобайтового полем і може приймати значення в діапазоні 1 ... 127. Діапазон значень 128 ... 255 зарезервований для кодів помилок. Поле даних може бути змінної довжини. Розмір пакета PDU обмежений 253 байтами [5].

Для передачі пакета по фізичних лініях зв'язку PDU поміщається в інший пакет, що містить додаткові поля. Цей пакет носить назву ADU (Application Data Unit). Формат ADU залежить від типу лінії зв'язку. Існують три варіанти ADU, два для передачі даних через асинхронний інтерфейс (ASCII та RTU) і один - через TCP / IP мережі (TCP).

Modbus RTU - компактний двійковий варіант. Повідомлення розділяються по паузі в лінії. Повідомлення повинно починатися і закінчуватися інтервалом тиші, тривалістю не менше 3,5 символів при даній швидкості передачі. Під час передачі повідомлення не повинно бути пауз тривалістю більше 1,5 символів. Для швидкостей понад 19200 бод допускається використовувати інтервали 1,75 і 0,75 мс, відповідно. Перевірка цілісності здійснюється за допомогою CRC [8].

Загальна структура ADU наступна (залежно від реалізації, деякі частини можуть бути відсутніми):

ID транзакції – ID протоколу – довжина пакета – адреса відомого пристрою – код функції – дані.

Промисловий (Industrial) Ethernet – це мережа для рівня управління підприємством і цехом у відкритій, незалежній від виробника системі зв'язку, яка сполучає комп'ютери і програмовані контролери, для застосування в індустріальній галузі. Industrial Ethernet придатний для швидкої передачі великих об'ємів даних. Через міжмережні шлюзи він надає можливість з'єднання абонентів різних мереж [8].

Фізичним електронним з'єднанням є коаксіальний кабель з подвійним екрануванням або промислова вита пара. Оптичне з'єднання виконується на основі скляного оптоволоконного кабелю. Дальність електронної мережі складає до 1,5 км, оптичної – до 4,5 км. Швидкість передачі даних встановлена на рівні 10 Мбод. Більше 1000 вузлів може бути об'єднано в мережу за допомогою промислового Ethernet. Перед здійсненням доступу до шини кожен вузол перевіряє, чи передає в даний момент інший вузол. Якщо це так, то вузол чекає протягом довільного інтервалу часу перед наступною спробою дістати доступ. Всі вузли мають рівні права доступу.

Основним чинником, що забезпечив Ethernet переможний шлях у сфері АСУ, є наявність величезного вибору сумісних між собою апаратних і програмних засобів побудови мереж цього стандарту. Перехід від концентраторів (hub) до комутаторів (switch) і від напівдуплексних каналів зв'язку до дуплексних, дозволив зняти питання про можливість блокування обміну по мережному каналу через численні колізії інформаційних кадрів. Завдяки своїм «інтелектуальним» можливостям комутатор направляє одержаний інформаційний кадр тільки на те підключення, де реально знаходиться абонент, а не широкомовно в усю мережу. В результаті загальний об'єм трафіку в мережі на багато разів скорочується. Фактично топологія «загальна шина» на логічному рівні трансформується в топологію «кожен з кожним», забезпечуючи гарантовану доставку даних. Крім того, однією з основних перешкод до застосування Ethernet в АСУ ТП завжди була

невідповідність виготовлення апаратних засобів умовам їх застосування в промисловості.

3.5 Вибір математичної моделі.

Продуктивність печі може змінюватися в широких межах і в цьому випадку необхідно забезпечити необхідний режим нагрівання залежно від заданої продуктивності. Оскільки довжина печі і довжини зон не змінюються, то варіюючи температурою газів в печі, необхідно добитися такого розподілу температури газів по зонах печі, щоб отримати якісний нагрів металу при заданій продуктивності. Крім того в кожному окремому випадку визначити теплові втрати і розрахувати витрату палива. Для того, щоб в реальних умовах оперативно впливати на ситуацію, що створилася, необхідно виконати моделювання розрахунку горіння палива, температури та часу нагріву металу [16].

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

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

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

де c – теплоємність металу;

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

q_k - питомий тепловий потік до поверхні металу;

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

де $2S$ – товщина заготовки;

l – довжина заготовки;

Δt_k – допустимий перепад температур по перетину;

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

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

Час нагріву металу у зоні визначається за наступною формулою:

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

де L – довжина поду;

$2S$ – товщина заготовки;

l – довжина заготовки;

ρ – щільність металу;

G – продуктивність печі.

Температура поверхні металу розраховується за наступною формулою:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{г}} - \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{пк}}}{\text{Ф}} \qquad (3.5)$$

де $t_{\text{г}}$ – температура газів у зоні печі;

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

Ф – критерій Фур'є.

На основі розглянутих формул у середовищі Delphi 7 була розроблена програма, яка визначає час нагріву металу, температуру газів к кожній із зон печі та температуру поверхні металу в залежності від продуктивності методичної печі. Робоче вікно програми представлене на рисунки 3.10. Програма знаходиться на АРМ оператора відділу методичних печей та з'єднана з мнемосхемою через інтерфейс Ethernet. Дані передаються через протокол TCP/IP. При зміні продуктивності печі оператор на мнемосхемі перемикає режим управління на ручний, задає продуктивність печі в розробленій програмі, програма розраховує необхідні значення та передає їх до мнемосхеми. На мнемосхемі автоматично змінюються задані розраховані параметри.

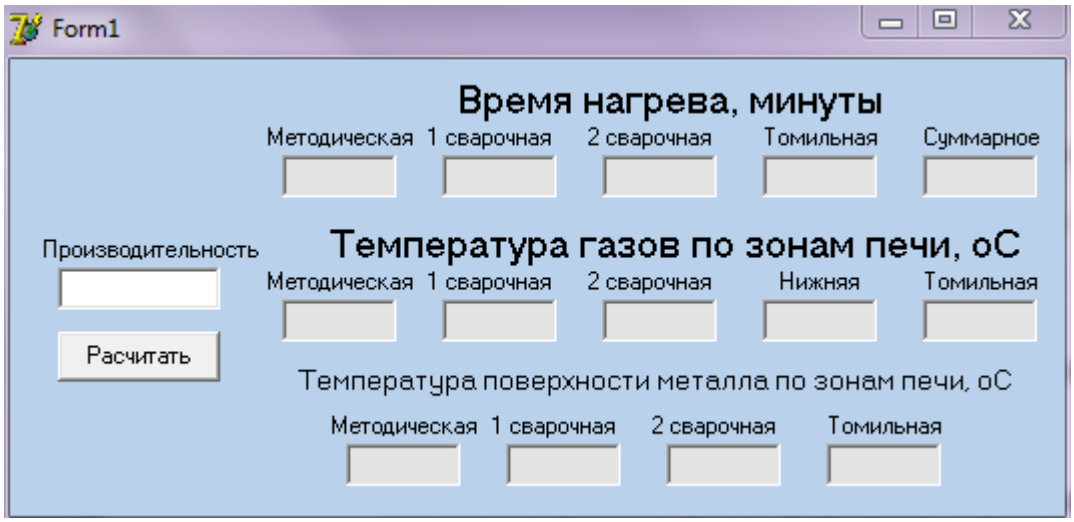


Рисунок 3.11 – Робоче вікно програми.

Текст обробника OnClick кнопки «Расчитать»

```
    procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
    var
        S, po, l, l1, l2, l3, l4, T, lam, dTk, qk, a, b, c, d,
c1, alfa: Extended;
    begin
    S:=0.14;
    l1:=5.5;
    l2:=9.3;
    l3:=7.8;
    l4:=8.9;
    po:=7800;
    l:=1.45;
    T:=1150;
    lam:=36;
    dTk:=20;
    qk:=(2*lam*dTk)/S;//Питомий тепловий потік до поверхні
металу;
    a:=qk/0.7;
    b:=((T+273)/100)*((T+273)/100)*((T+273)/100)*((T+273)/100)
;//Температура газів у зоні печі;
    c:=a+b;
    d:=sqrt(sqrt(c));
```

```
    c1:=0.167;
    alfa:=lam/(c1*po);
    Edit1.Text:=floattostr((((S*2*l1*po*l)/strtofloat(edit6.Te
xt))/100)*60);//Час нагріву у зоні печі;
    Edit2.Text:=floattostr((((S*2*l2*po*l)/strtofloat(edit6.Te
xt))/100)*60);
    Edit3.Text:=floattostr((((S*2*l3*po*l)/strtofloat(edit6.Te
xt))/100)*60);
    Edit4.Text:=floattostr((((S*2*l4*po*l)/strtofloat(edit6.Te
xt))/100)*60);
    Edit5.Text:=floattostr(strtofloat(edit1.Text)+strtofloat(e
dit2.Text)+strtofloat(edit3.Text)+strtofloat(edit4.Text));//За
гальний час нагріву;

    Edit8.Text:=floattostr((d*100-
273)*((strtofloat(edit6.Text)-
1)/strtofloat(edit6.Text)));//Температура газів в зонах печі;
    Edit7.Text:=floattostr(strtofloat(edit8.Text)*0.88);
    Edit9.Text:=floattostr(strtofloat(edit8.Text)*1.038);
    Edit11.Text:=floattostr(strtofloat(edit8.Text)*0.976);
    Edit10.Text:=floattostr(strtofloat(edit8.Text)*1.0153);

    Edit13.Text:=floattostr(strtofloat(edit8.Text)-
((strtofloat(edit8.Text)-T)/0.55));//Температура      поверхні
металу в зонах печі;
    Edit12.Text:=floattostr(strtofloat(edit7.Text)-
((strtofloat(edit7.Text)-T)/0.95)-650);
    Edit14.Text:=floattostr(strtofloat(edit9.Text)-
((strtofloat(edit9.Text)-T)/0.9));
    Edit15.Text:=floattostr(strtofloat(edit11.Text)-
((strtofloat(edit11.Text)-T)/0.95));
    end;
```

На основі розробленої програми були проведені розрахунки часу нагріву слябів, температури газів в зонах печі та температури поверхні металу в кінці

кожної зони для 4-х зонної методичної печі цеху гарячої прокатки тонкого листа «ПАТ «ЗМК Запоріжсталь»» при різній продуктивності печі.

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

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

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

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

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

Продуктивність, т/год	Температура, ^{o}C				
	Методична зона	I-а зварювальна зона	II-а зварювальна зона	Нижня зона	Томильна зона
400	1138	1290	1340	3203	1270
350	1130	1285	1325	3112	1265
300	1122	1277	1312	1303	1258
250	1108	1260	1304	1287	1249

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

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

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

Продуктивність, т/год	Температура, °С			
	Методична зона	I-а зварювальна зона	II-а зварювальна зона	Томильна зона
400	504	1056	1122	1125
350	504	1052	1118	1121
300	502	1045	1115	1119
250	502	1039	1111	1117

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

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

3.6 Розробка програмного забезпечення АСУТП

3.6.1 Опис процедур збору та обробки інформації.

Характерною особливістю автоматизованих систем управління є своєчасне отримання інформації, обробки її за заданими алгоритмами, та видачі необхідних керуючих сигналів.

Збір інформації з датчиків виконується по лініям зв’язку між датчиками та вторинними приладами (відео реєстраторами) по електричній мережі. Іншим типом передачі є передавання інформації за допомогою інтерфейсу. В даному проекті на середньому рівні використовується обмін даними між відео реєстраторами та контролером за інтерфейсом RS-485 по протоколу Modbus RTU,а верхній рівень здійснює обмін по протоколу ETHERNET, що використовує протокол передачі TCP/IP [8].

Детальне представлення обміну інформації надає структурна схема ПТК ЗА.

3.6.2 Розподіл інформації по рівням АСУ ТП.

Система складається з трьох рівнів:

- польовий рівень;
- рівень промислового управління;
- верхній рівень (АРМ оператора, АРМ диспетчерів, АРМ начальника цеху).

На польовому рівні необхідно забезпечити виконання наступних завдань:

- перетворення вимірюваних параметрів в електричний сигнал;
- управління виконавчими пристроями;
- реалізація блокувань і аварійного захисту;
- погодження сигналів від датчиків з входами в ПЗО.

При аварійних ситуаціях спрацьовує світлова та звукова сигналізація.

Завдання на рівні промислового виробництва:

- збір та обробка інформації яка надходить від технологічної системи;

- періодичне опитування датчиків стану;

- прийом та передача інформації від інших систем;

- виявлення відхилень технологічних параметрів від регламентуючих значень;

- реалізація завдань програмно-логічного управління технологічним процесом.

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

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

3.6.3 Робота алгоритмів управління

3.6.3.1 Температура робочого простору

Основним направлено змінним параметром при управлінні нагріванням металу є температура робочого простору. Саме вона в першу чергу визначає тепловіддачу металу, розподіл температур в його масі, інтенсивність окалиноутворення, знос конструкцій печі та інші найважливіші параметри, що характеризують процес теплової обробки металу і роботу агрегату. Виміряна температура є головним джерелом інформації про тепловий стан окремих зон і всієї печі в цілому. На основі цієї інформації складають інструкції по нагріванню, виконують тепловий розрахунок зон, розраховують нагрів металу,

задають температурний профіль печі, здійснюють управління тепловим і температурним режимами. Достовірність результатів вирішення перерахованих завдань в першу чергу залежить від того, яка величина прийнята як температура робочого простору, де і як вона виміряна.

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

Зміна теплового навантаження зон, обладнаних інжекційними пальниками, здійснюється шляхом зміни витрати палива при впливі на загальну поворотну заслінку на зональному газопроводі. Відповідну зміну витрати повітря горіння досягається автоматично зміною режиму роботи пальників [3].

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

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

3.6.3.2 Тиск в робочому просторі печі.

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

Надмірно високий тиск веде до вибивання з печі продуктів згоряння, що разом із зростанням теплових втрат викликає прискорений знос зовнішніх

конструкцій, ускладнює візуальний контроль і обслуговування, забруднює атмосферу цеху.

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

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

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

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

При такому різноманітті збурюючих факторів і відмінності їх прояву в різних точках робочого простору на сучасних методичних печах є лише один канал управління тиском – зміна тяги, яка реалізується шляхом впливу на становище шибера в димовому борові [3].

В якості датчика для вимірювання тиску використовується Метран 150CG з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА. Сигнал від датчика надходить на вхід показуючого регіструючого приладу РМТ 29/М1 і далі через інтерфейс RS-

485 на контролер Modicon TSX Quantum. Значення тиску, що надійшло до контролера, порівнюється із заданою величиною. Програма, прошита в контролері, видає регулюючий вплив, який з дискретного модулю виводу подається через БРУ-10 на пускач БіСТАРТ-Р, а потім на електричний виконавчий механізм МЕО 100/25, який змінюючи положення шибера, змінює розмір тяги.

3.6.3.3 Співвідношення паливо-повітря.

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

Регулювання здійснюється шляхом примусової зміни витрати палива. Підтримку заданого значення співвідношення паливо – повітря забезпечують локальні системи регулювання, які у ролі вхідної інформації використовують безупинно обчислювані витрати палива і повітря. Величину співвідношення паливо – повітря встановлюють за допомогою задатчика, відградуйованого або безпосередньо в одиницях співвідношення паливо – повітря, або в одиницях коефіцієнта витрати повітря, визначається як відношення виміряної витрати повітря до теоретичної, необхідної для повного спалювання виміряної витрати палива [3].

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

Паралельно вимірюється витрата палива. З діафрагми ДКС-10 зняті значення тиску у повітряпроводі надходять на витратомір типу Метран 150CD, на виході він формує сигнал 4-20 мА, який подається на вхід показуючого

регіструючого приладу РМТ 29/М1 і далі через інтерфейс RS-485 на контролер Modicon TSX Quantum. На підставі значення величини витрати газу і коефіцієнта витрати повітря (значення коефіцієнта витрати повітря задається за допомогою задатчика БРУ-10 або розраховується програмно), з виходу контролера видається регулюючий вплив на вхід БРУ – 10 і далі сигнал подається на пускач типу БіСТАРТ-Р, що формує сигнал 220В, який впливає на регулюючий орган МЕО 100/25, змінюючи витрату повітря до пальників.

3.6.4 Макети мнемосхем верхнього рівня.

Макет мнемосхеми верхнього рівня, яка відображає роботу відділення методичних печей та прокатного стану, був розроблений в SCADA-системі Trace Mode 6.

Мнемосхема складається з 8-ми екранів.

На головному екрані зображено ділянку методичних печей та прокатний стан. Оператор має змогу відстежувати загальні витрати газу та повітря як до всієї ділянки печей, так і для кожної печі окремо. Також він може відстежувати тиск повітря та газу перед ділянкою печей.

Оператор може задавати темп прокатки, встановлювати час замовлення готової продукції, початок так кінець нагріву слябів в кожній печі та інші параметри.

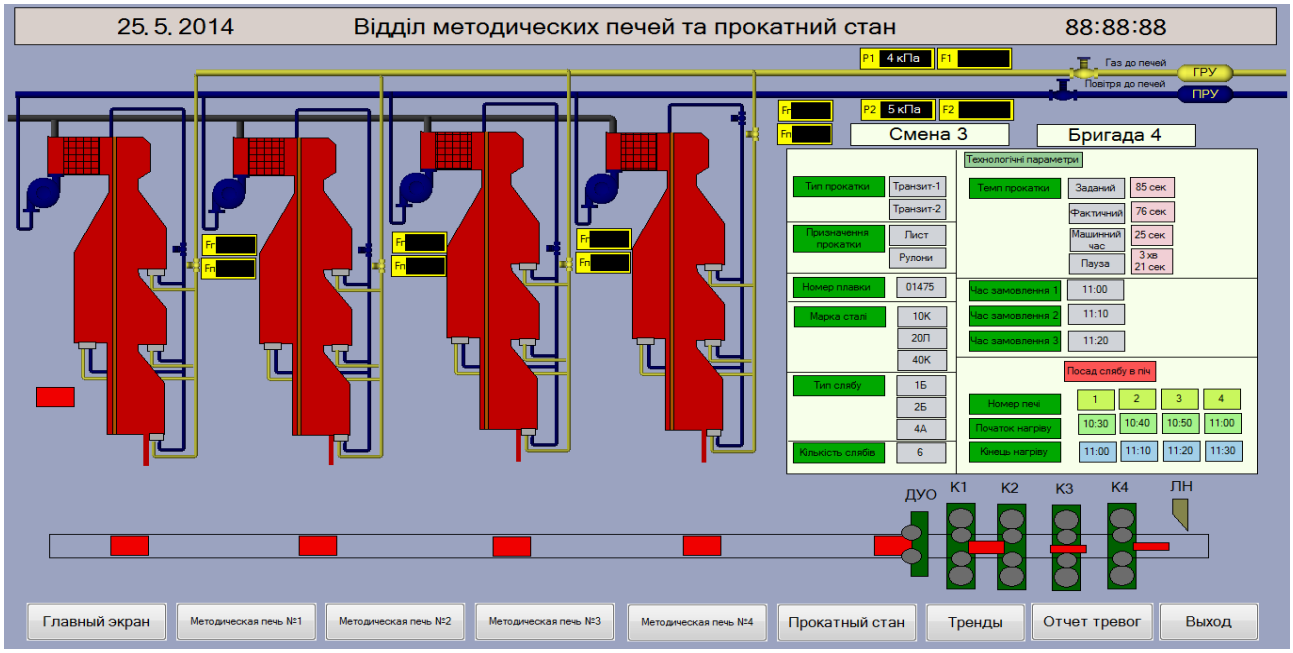


Рисунок 3.12 – Головний екран мнемосхеми

На наступних 4-х екранах розташовані методичні печі по одній на кожен екран. Оператор має змогу відстежувати значення температур в зонах печі та температур димових газів, тиск в робочому просторі печей, витрату палива та повітря до опалювальних зон. Також він може відстежувати положення виконавчих механізмів та обирати режим роботи печі. Крім цього може задавати значення технологічних параметрів в ручному режимі роботи.

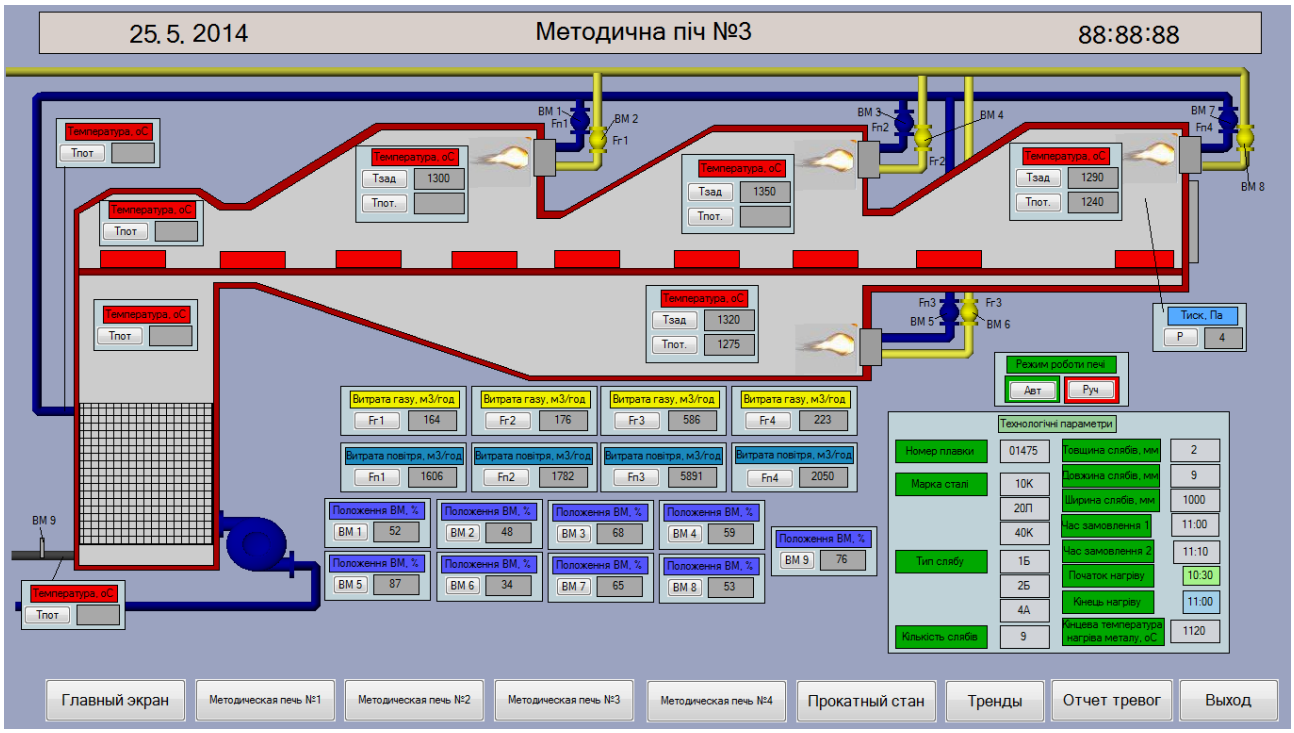


Рисунок 3.13 – Екран з методичною піччю

На 6-му екрані розташований прокатний стан. Оператор має змогу відстежувати та задавати параметри прокатки для кожної чорнової кліті. Також на цьому екрані представлена інформація про режим роботи стану, темп прокатки, час простою стану, кількість прокатаних слябів тощо.

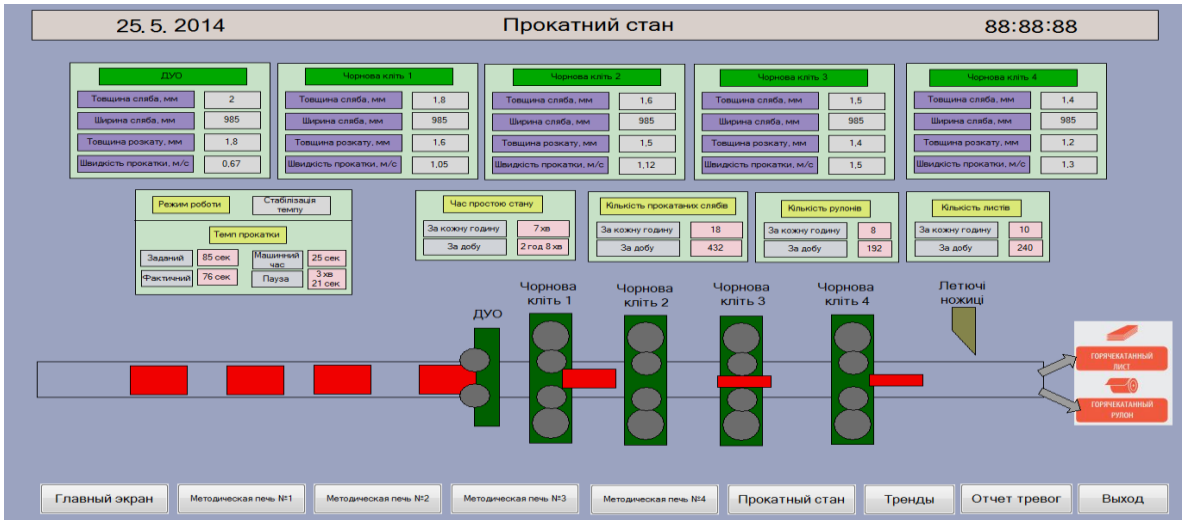


Рисунок 3.14 – Екран прокатного стану

На 7-му екрані розташовані тренди технологічних параметрів.

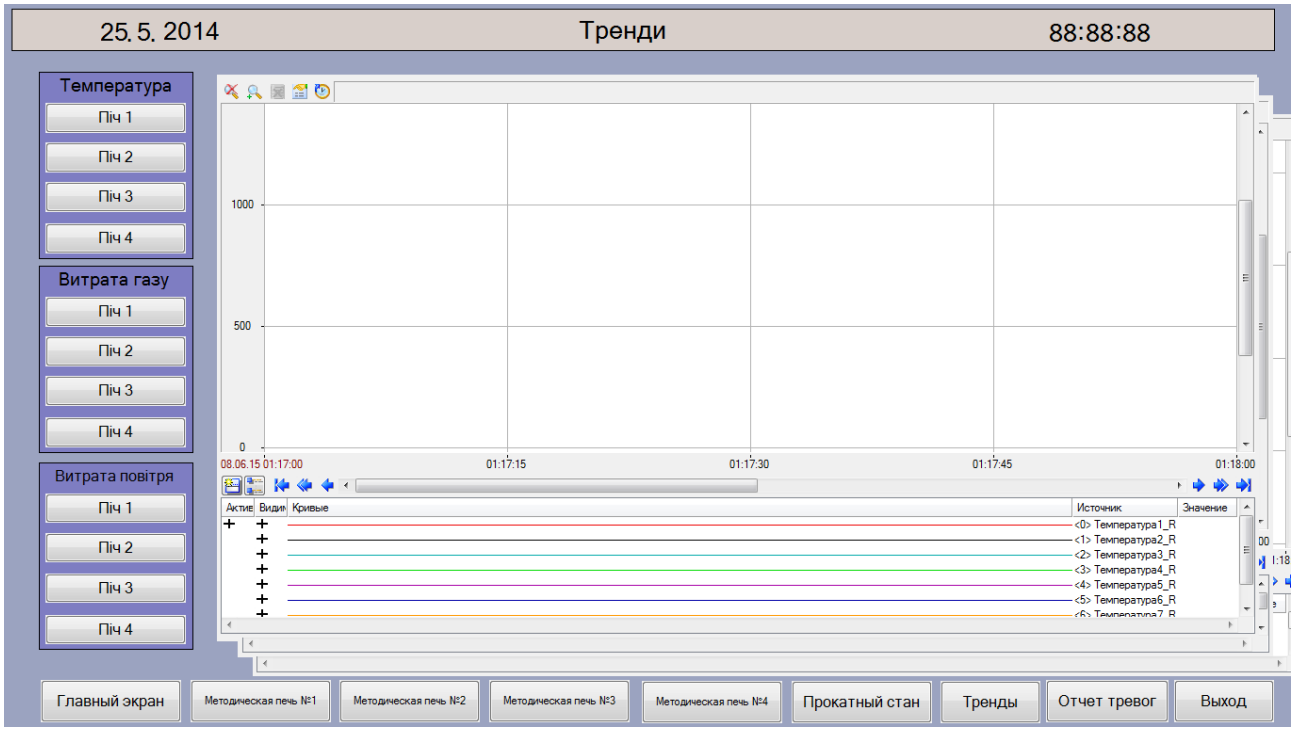


Рисунок 3.15 – Екран з трендами

На останньому, 8-му, екрані розташований звіт тривог.

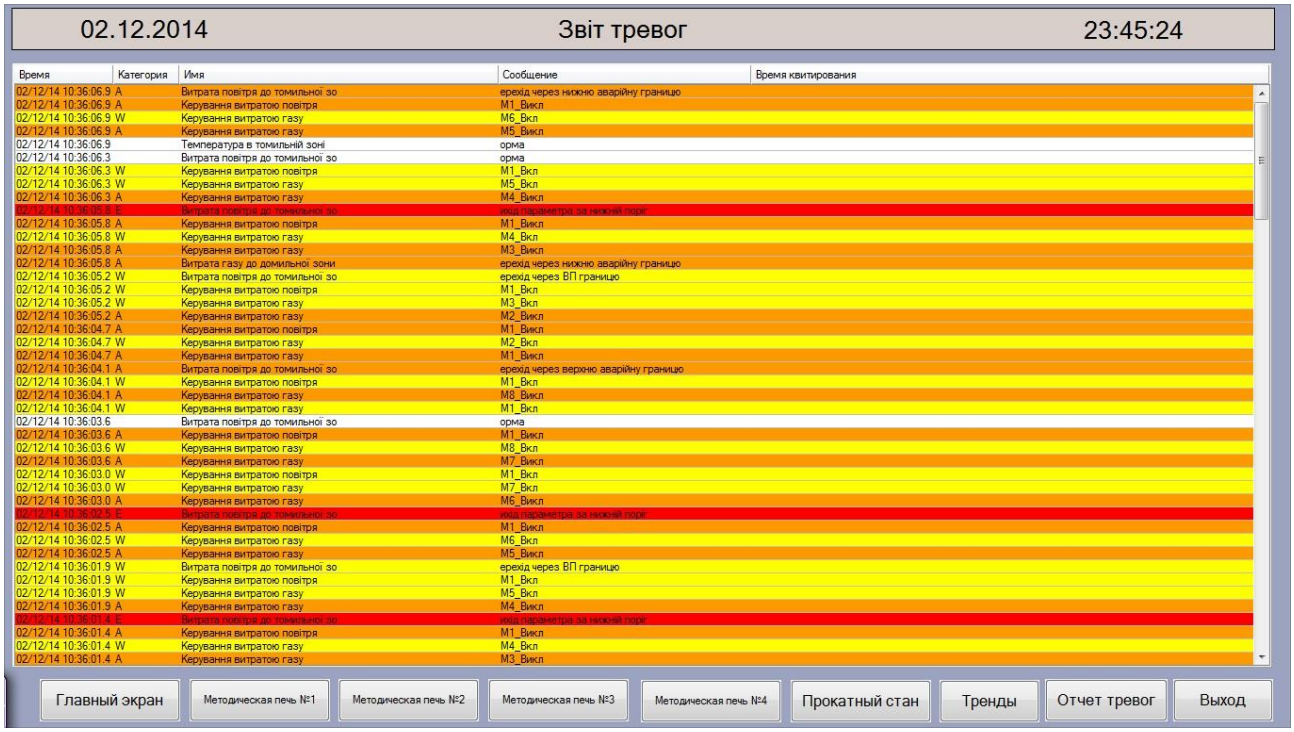


Рисунок 3.16 – Екран звіту тривог

При розробці мнемосхем були використані наступні шифри:

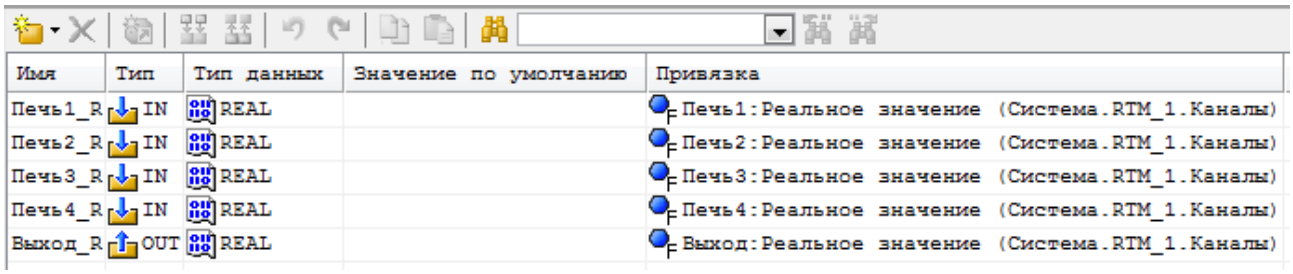
- ГРУ – газорозподільча установка;
- ПРУ – повітрерозподільча установка;
- Тпот – поточне значення температури;
- Тзад – задане значення температури;
- Р – тиск;
- Fг – витрати газу;
- Fп – витрати повітря;
- ВМ – виконавчий механізм.

3.6.5 FBD-програма управління роботою методичних печей та прокатного стану.

На основі розглянутих алгоритмів управління у SCADA-системі Trace Mode 6 були розроблені FBD-програми управління методичними печами та прокатним станом.

Перша програма управляє роботою видачі металу із методичних печей. Програма аналізує готовність металу до видачі із печі. Коли метал завершив нагрів, відбувається його видача і транспортування на прокатний стан. На головному екрані мнемосхеми візуально відображається піч, з якої відбувається видача металу та відображається процес руху металу з печі до стану.

Аргументи, які були розроблені для створення програми зображені на рисунку 3.17.



Имя	Тип	Тип данных	Значение по умолчанию	Привязка
Печь1_R	IN	REAL		Печь1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Печь2_R	IN	REAL		Печь2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Печь3_R	IN	REAL		Печь3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Печь4_R	IN	REAL		Печь4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Выход_R	OUT	REAL		Выход:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)

Рисунок 3.17 – Аргументи програми управління видачі металу з печей.

Програма управління видачі металу з печей представлена на рис. 3.18.

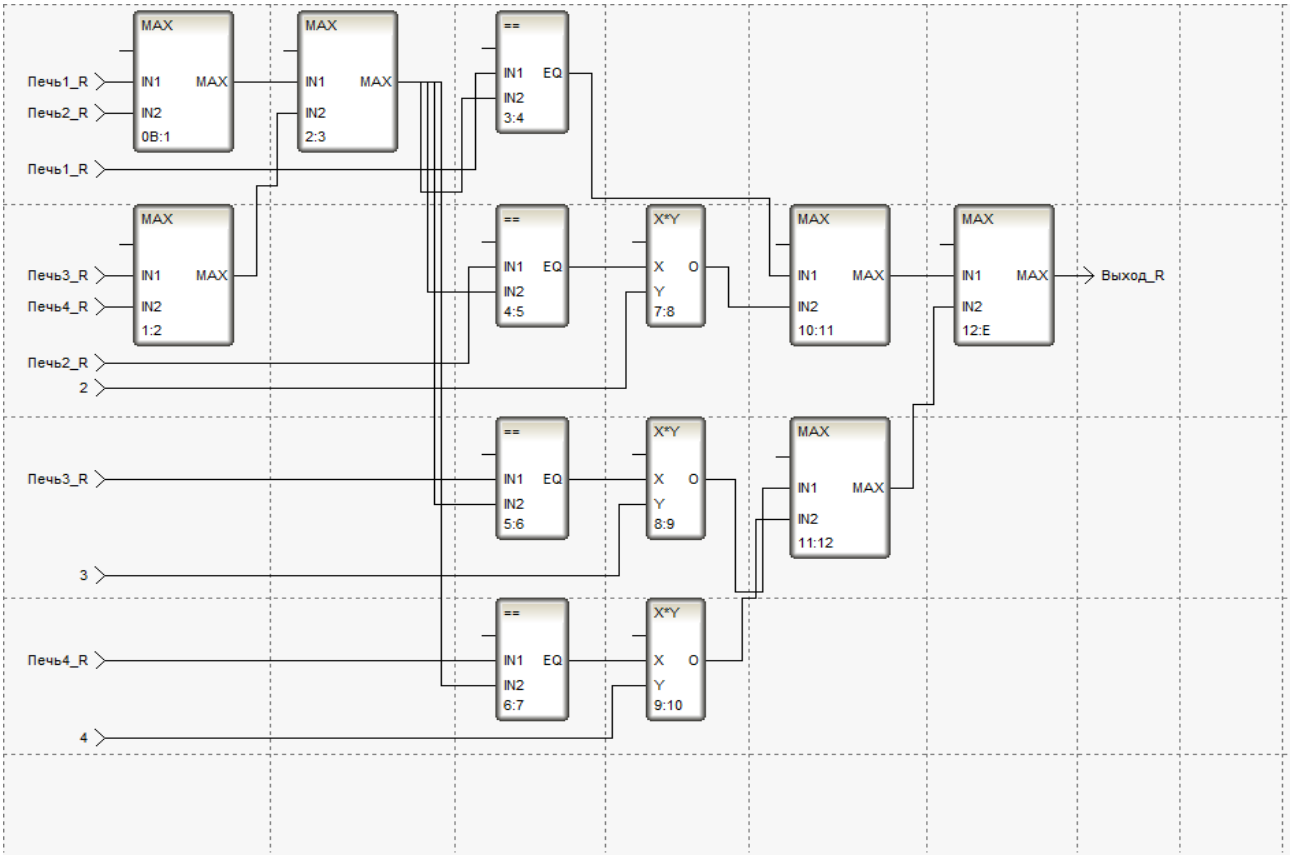
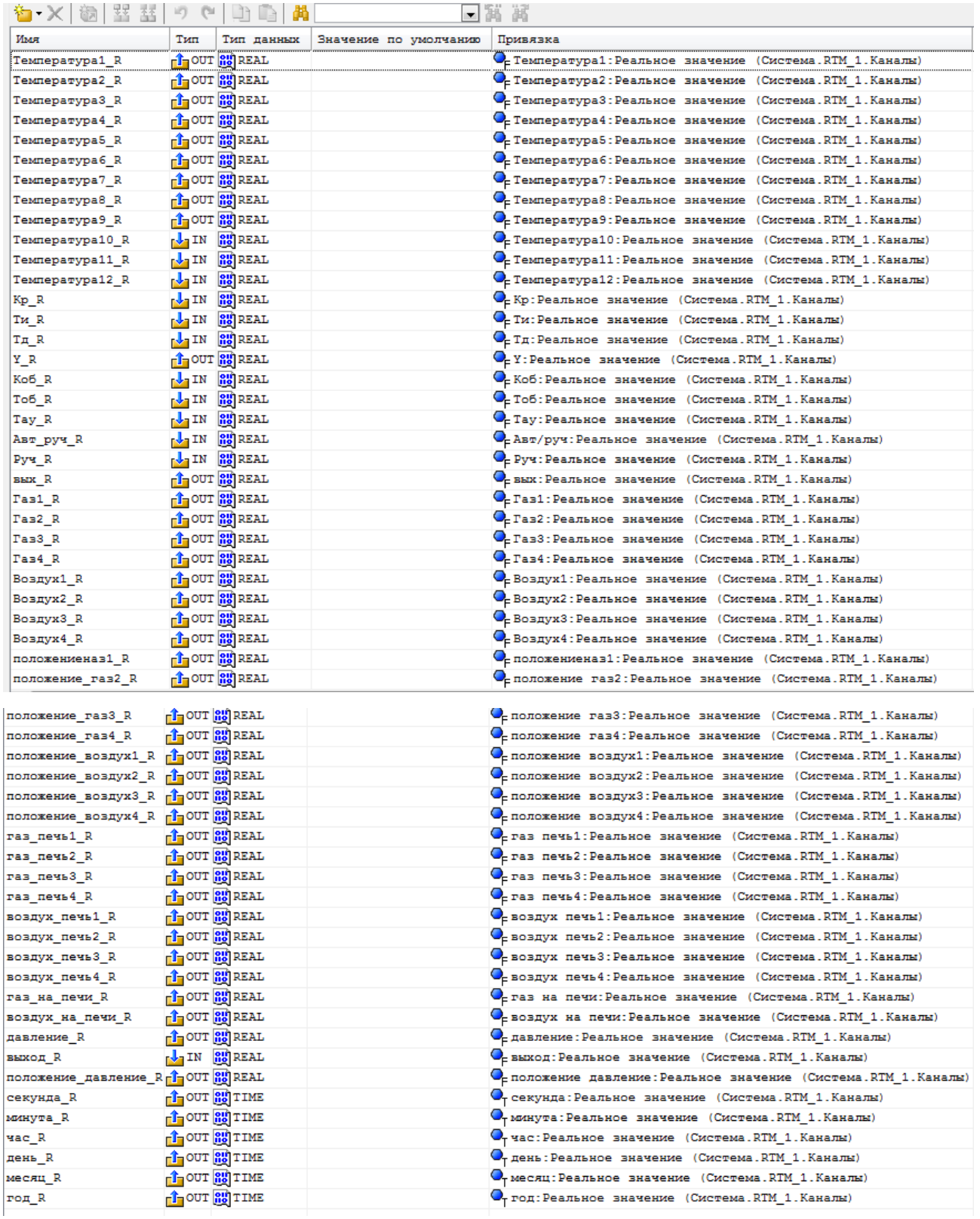


Рисунок 3.18 – Програма управління видачі металу з печей

На основі розглянутих алгоритмів управління була розроблена FBD-програма управління роботою методичної печі. Програмою передбачене управління за допомогою ПІД-регулятору температурою опалювальних зон печі, витратою палива та повітря в опалювальних зонах та тиском у робочому просторі печі. На вхід під регулятора надходить поточне значення параметра та порівнюється з заданим. При відхиленні поточного значення від заданого формується керуючий вплив, який змінює положення валу виконавчого механізму, тим самим змінюючи поточне значення технологічного параметру.

Розроблена функція для визначення параметрів ПІД-регулятора. Також програмою передбачене відображення положення валу виконавчого механізму, відображення значень технологічних параметрів. Для визначення положення валу виконавчого механізму розроблена функція, яка в залежності від витрати повітря (газу) визначає в процентному співвідношенні положення валу виконавчого механізму. Програмою також передбачена робота в автоматичному та ручному режимах.

Для розробки програми були використані наступні аргументи, зображені на рисунку 3. 19.



Имя	Тип	Тип данных	Значение по умолчанию	Привязка
Температура1_R	OUT	REAL		Температура1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура2_R	OUT	REAL		Температура2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура3_R	OUT	REAL		Температура3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура4_R	OUT	REAL		Температура4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура5_R	OUT	REAL		Температура5:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура6_R	OUT	REAL		Температура6:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура7_R	OUT	REAL		Температура7:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура8_R	OUT	REAL		Температура8:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура9_R	OUT	REAL		Температура9:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура10_R	IN	REAL		Температура10:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура11_R	IN	REAL		Температура11:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Температура12_R	IN	REAL		Температура12:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Кр_R	IN	REAL		Кр:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Ти_R	IN	REAL		Ти:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Тд_R	IN	REAL		Тд:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Y_R	OUT	REAL		Y:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Коб_R	IN	REAL		Коб:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Тоб_R	IN	REAL		Тоб:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Тау_R	IN	REAL		Тау:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Авт_руч_R	IN	REAL		Авт/руч:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Руч_R	IN	REAL		Руч:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
вых_R	OUT	REAL		вых:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Газ1_R	OUT	REAL		Газ1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Газ2_R	OUT	REAL		Газ2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Газ3_R	OUT	REAL		Газ3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Газ4_R	OUT	REAL		Газ4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Воздух1_R	OUT	REAL		Воздух1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Воздух2_R	OUT	REAL		Воздух2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Воздух3_R	OUT	REAL		Воздух3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Воздух4_R	OUT	REAL		Воздух4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положениеназ1_R	OUT	REAL		положениеназ1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положение_газ2_R	OUT	REAL		положение газ2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положение_газ3_R	OUT	REAL		положение газ3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положение_газ4_R	OUT	REAL		положение газ4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положение_воздух1_R	OUT	REAL		положение воздух1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положение_воздух2_R	OUT	REAL		положение воздух2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положение_воздух3_R	OUT	REAL		положение воздух3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положение_воздух4_R	OUT	REAL		положение воздух4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
газ_печь1_R	OUT	REAL		газ печь1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
газ_печь2_R	OUT	REAL		газ печь2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
газ_печь3_R	OUT	REAL		газ печь3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
газ_печь4_R	OUT	REAL		газ печь4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
воздух_печь1_R	OUT	REAL		воздух печь1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
воздух_печь2_R	OUT	REAL		воздух печь2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
воздух_печь3_R	OUT	REAL		воздух печь3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
воздух_печь4_R	OUT	REAL		воздух печь4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
газ_на_печи_R	OUT	REAL		газ на печи:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
воздух_на_печи_R	OUT	REAL		воздух на печи:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
давление_R	OUT	REAL		давление:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
выход_R	IN	REAL		выход:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
положение_давление_R	OUT	REAL		положение давление:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
секунда_R	OUT	TIME		секунда:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
минута_R	OUT	TIME		минута:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
час_R	OUT	TIME		час:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
день_R	OUT	TIME		день:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
месяц_R	OUT	TIME		месяц:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
год_R	OUT	TIME		год:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)

Рисунок 3.19 – Аргументи програми управління роботою методичної печі.

Програма управління роботою методичної печі представлена на рис. 3.20.

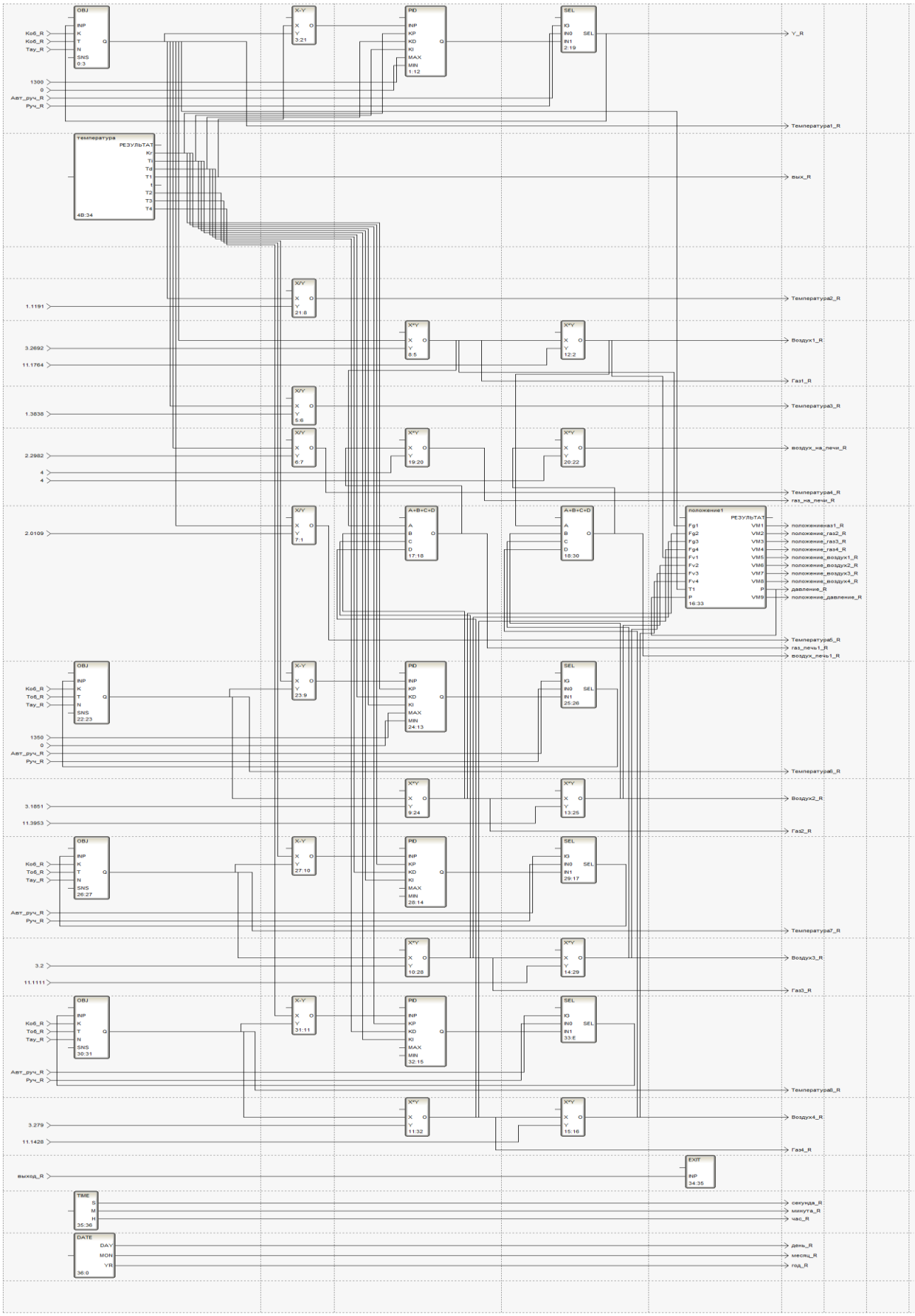


Рисунок 3.20 – Програма управління роботою методичної печі.

Наступна програма регулює швидкість прокатки на всіх клітях прокатного стану. Регулювання здійснюється за допомогою ПІД-регулятора. На вхід ПІД-регулятора надходить поточне значення швидкості обертання прокатного валу. Це значення порівнюється із заданим. Формується керуючий вплив, який змінює швидкість обертання прокатного валу.

Для розробки програми були використані наступні аргументи, зображені на рисунку 3. 21.

Имя	Тип	Тип данных	Значение по умолчанию	Привязка
Кр_R	IN	REAL		Кр:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Ти_R	IN	REAL		Ти:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Тд_R	IN	REAL		Тд:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Коб_R	IN	REAL		Коб:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Тоб_R	IN	REAL		Тоб:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Тау_R	IN	REAL		Тау:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Авт_руч_R	IN	REAL		Авт/руч:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Руч_R	IN	REAL		Руч:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Скорость_прокатки1_R	OUT	REAL		Скорость прокатки1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Скорость_прокатки2_R	OUT	REAL		Скорость прокатки2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Скорость_прокатки3_R	OUT	REAL		Скорость прокатки3:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Скорость_прокатки4_R	OUT	REAL		Скорость прокатки4:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Скорость_прокатки5_R	OUT	REAL		Скорость прокатки5:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Y2_R	OUT	REAL		Y2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)

Рисунок 3.21 – Аргументи програми управління швидкістю обертання прокатних валів.

Програма управління швидкістю обертання прокатних валів зображена на рисунку 3. 22.

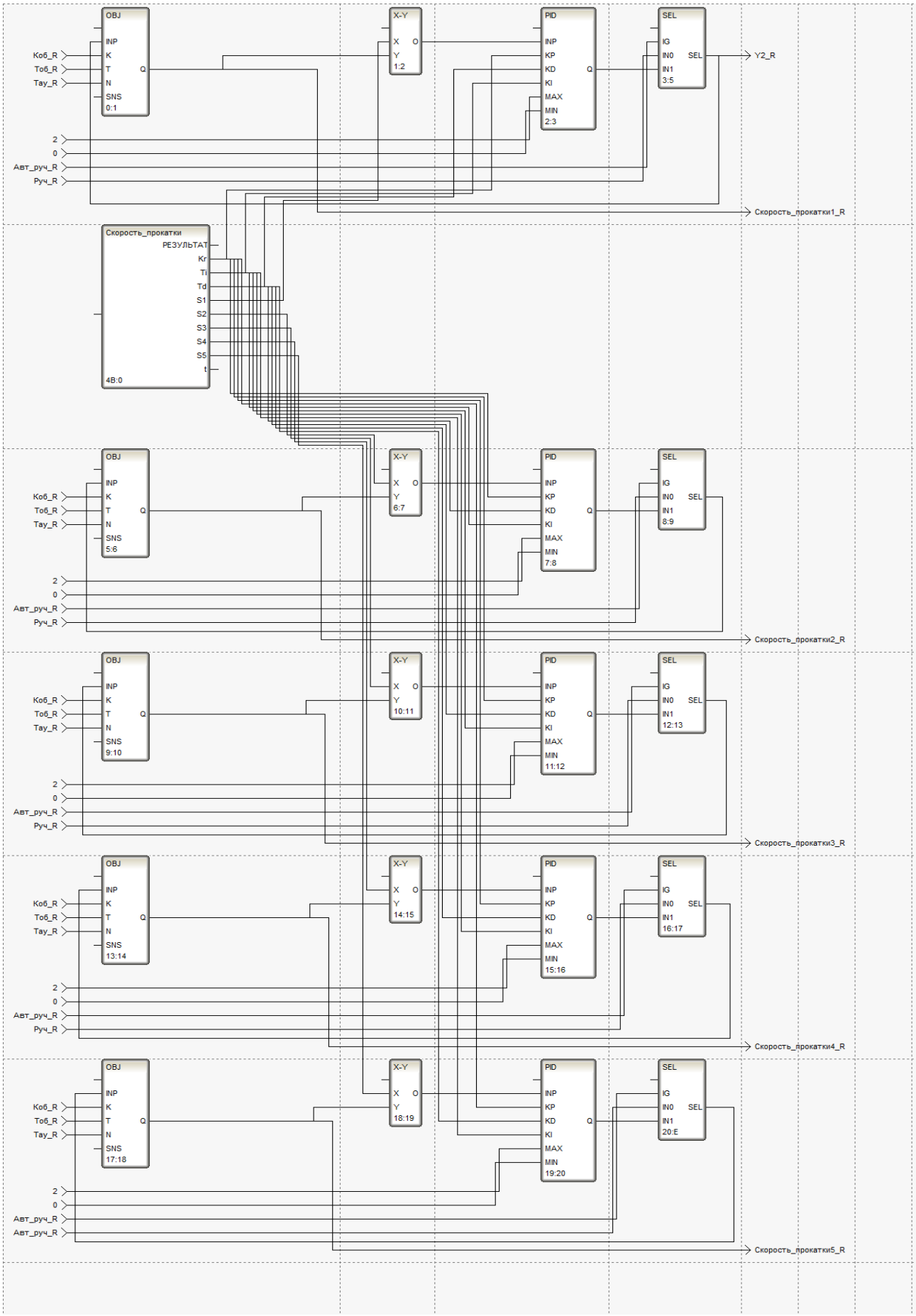

OBJ
INP
K
T
N
SNS
0:1
Q
Коб_R
Тоб_R
Тау_R
X-Y
X
Y
1:2
O
PID
INP
KP
KD
KI
MAX
MIN
2:3
Q
SEL
IG
IN0
IN1
3:5
SEL
Y2_R
2
0
Авт_руч_R
Руч_R
Скорость_прокатки1_R
Скорость_прокатки
РЕЗУЛЬТАТ
Kr
Ti
Td
S1
S2
S3
S4
S5
t
4B:0
OBJ
INP
K
T
N
SNS
5:6
Q
Коб_R
Тоб_R
Тау_R
X-Y
X
Y
6:7
O
PID
INP
KP
KD
KI
MAX
MIN
7:8
Q
SEL
IG
IN0
IN1
8:9
SEL
2
0
Авт_руч_R
Руч_R
Скорость_прокатки2_R
OBJ
INP
K
T
N
SNS
9:10
Q
Коб_R
Тоб_R
Тау_R
X-Y
X
Y
10:11
O
PID
INP
KP
KD
KI
MAX
MIN
11:12
Q
SEL
IG
IN0
IN1
12:13
SEL
2
0
Авт_руч_R
Руч_R
Скорость_прокатки3_R
OBJ
INP
K
T
N
SNS
13:14
Q
Коб_R
Тоб_R
Тау_R
X-Y
X
Y
14:15
O
PID
INP
KP
KD
KI
MAX
MIN
15:16
Q
SEL
IG
IN0
IN1
16:17
SEL
2
0
Авт_руч_R
Руч_R
Скорость_прокатки4_R
OBJ
INP
K
T
N
SNS
17:18
Q
Коб_R
Тоб_R
Тау_R
X-Y
X
Y
18:19
O
PID
INP
KP
KD
KI
MAX
MIN
19:20
Q
SEL
IG
IN0
IN1
20:E
SEL
2
0
Авт_руч_R
Авт_руч_R
Скорость_прокатки5_R

Рисунок 3.22 – Програма управління швидкістю обертання прокатних валів.

3.7 Розробка бази даних

3.7.1 Архівація даних

Оперативні дані про зміну параметрів однієї змінної можуть дати дуже цінну інформацію і вплинути на якість процесу в цілому. Як правило, для здійснення аналізу даних необхідно кілька виробничих циклів, щоб можна було судити про оптимальність тих чи інших параметрів. Щоб провести аналіз всіх процесів, необхідно мати дані про стан і роботу всіх виконавців в момент виробництва. У даному випадку потрібні програми для архівації та аналізу даних всіх виробничих процесів. Для цих цілей багато виробників прикладного програмного забезпечення АСУ ТП пропонують системи зберігання історичних даних, призначені для запису в реальному часі або в міру необхідності великих обсягів значень параметрів, отриманих у процесі виробництва. Як правило, великі обсяги даних потрібно збирати під час запуску виробництва продукції і часто в ті моменти, коли в силу різних причин очікуються відхилення в технології або в штатному режимі роботи обладнання. Ця інформація повинна бути записана і збережена точно і своєчасно [8].

Для зберігання інформації в розробленій АСУ ТП використовуються локальний архів (інформація зберігається на ЕОМ оператора), глобальний архів (інформація зберігається на сервері), архів аварійних ситуацій та бази даних.

Архів аварійних ситуацій потрібен для знаходження причини аварії, оператора, що винен у відсутності дій по усуненню аварійних ситуацій. Виставлено максимум 500 можливих записів до архіву тривог. Цієї кількості цілком повинно вистачити для кількох робочих діб.

Локальний архів (СПАД) дозволяє переглянути як протікав технологічний процес певний час тому. Один запис до СПАД-архіву важить 2 байти. Згідно до схеми розподілення інформації по рівням АСУ ТП до АРМ оператора відділу

методичних печей з періодичністю 5с. надходять значення 68 каналів і записуються до архіву [8].

Таким чином за добу в СПАД-архів заноситься:

$$68\times 86400+5\times 480= 5877600 \text{ записів.}$$

За рік активної роботи в архів буде занесено:

$$5877600\times 3600=2115936000 \text{ записів.}$$

Кожен запис займає 2 байта. Таким чином СПАД-архів через рік буде займати:

$$2115936000\times 2=4231872000 \text{ байта.}$$

Або 4231,87 МБ = 4, 232 ГБ

Уся інформація зі СПАД-архіву обробляється та передається до бази даних, за допомогою якої можна сформувати звітні документи. База даних розроблена у середовищі Microsoft Office Access 2010 та представлена на рисунку 3.10. База даних знаходиться на АРМ диспетчерів відділу методичних печей та прокатного стану. Значення с мнемосхеми передаються у базу даних через інтерфейс Ethernet по протоколу TCP/IP.

Схема данных | диспетчер | Нагрів слябів | Оператор/диспетчер | Операто... | Параметри прокату сля... | Піч параметри | Показники роботи стану | Посад слябів у печі

Код	№ плавки	Марка сталі	Тип слябу	Кільк сл	Тов слябів	Дов слябів	Шир слябі	Час замов	Поч нагріву	Кін нагріву	Кін темп нагр мет	№ печі
1	1475	10К	1Б	9	0,14	1,45	0,55	11:30:00	9:30:00	11:30:00	1132	1
2	1476	20П	2Б	8	0,15	1,5	0,5	11:40:00	9:40:00	11:40:00	1134	2
3	1457	40К	4А	9	0,2	1,47	0,47	11:50:00	9:50:00	11:50:00	1136	3
4	1458	10К	2Б	10	0,33	1,48	0,58	12:00:00	10:00:00	12:00:00	1131	4
5	1459	10К	4А	8	0,25	1,5	0,6	12:10:00	10:10:00	12:10:00	1129	1
6	1500	40К	1Б	9	0,17	1,45	0,42	12:20:00	10:20:00	12:20:00	1135	3
7	1521	20П	1Б	11	0,23	1,47	0,43	12:30:00	10:30:00	12:30:00	1140	2
8	1253	20П	2Б	9	0,25	1,5	0,5	12:40:00	10:40:00	12:40:00	1128	1
9	1526	10К	4А	10	0,18	1,48	0,48	12:50:00	10:50:00	12:50:00	1133	4
10	1528	40К	1Б	9	0,26	1,45	0,52	13:00:00	11:00:00	13:00:00	1132	1

Рисунок 3.23 – База даних нагріву слябів.

Схема данных | диспетчер | Нагрів слябів | Оператор/диспетчер | Операто... | Параметри прокату сля... | Піч парамет

Код	Параметр	Одиниці ви	Значення	Дата	Час	№ печі
1	Темература методичної зони	оС	1130	03.06.2015	11:30:00	1
2	Температура I-ї зварювальної зони	оС	1300	03.06.2015	11:30:00	2
3	Температура II-ї зварювальної зони	оС	1350	03.06.2015	11:30:00	3
4	Температура нижньої зони	оС	1320	03.06.2015	11:30:00	4
5	Температура томильної зони	оС	1290	03.06.2015	11:30:00	1
6	Тиск в робочому просторі	кПа	4	03.06.2015	11:30:00	2
7	Витрата газу I-а зварбвальна зона	м3/год	4250	03.06.2015	11:30:00	3
8	Витрата газу II-а зварювальна зона	м3/год	4300	03.06.2015	11:30:00	4
9	Витрата газу нижня зона	м3/год	4230	03.06.2015	11:30:00	1
10	Витрата газу томильна зона	м3/год	4200	03.06.2015	11:30:00	2
11	Витрата повітря I-а зварювальна зона	м3/год	47500	03.06.2015	11:30:00	3
12	Витрата повітря II-а зварювальна зона	м3/год	49000	03.06.2015	11:30:00	4
13	Витрата повітря нижня зона	м3/год	47000	03.06.2015	11:30:00	1
14	Витрата повітря томильна зона	м3/год	46800	03.06.2015	11:30:00	3

Рисунок 3.24 – База даних параметрів методичної печі

Схема данных | диспетчер | Нагрів слябів | Оператор/диспетчер | Опер

Код	№ печі	Оператор	Щелкните для добавления
1	1	1	
2	2	2	
3	3	3	
4	4	4	

Рисунок 3.25 – База даних посада слябів у піч

Код	Кліть	Товщина слябу, мм	Ширина слябу, мм	Товщина розкату, мм	Швидкість прокатки, м/с	Темпер поверхні металу, оС	Диспетчер
1	ДУО	133,2	50	6,8	0,7	1130	1
2	1-а чорнова	88,22	48	44,98	1	1125	1
3	2-а чорнова	56,4	46	31,82	1,2	1115	2
4	3-а чорнова	39,2	45	17,2	1,7	1107	2
5	4-а чорнова	28	42	11,2	1,9	1100	1

Рисунок 3.26 – База даних параметрів прокату слябу

Схема данных | диспетчер | Нагрів слябів | Оператор/диспетчер | Операто... | Параметри прокату

Код	Параметр	Од виміру	Значення	Дата	Час	Диспетчер
1	Режим роботи		Стабілізація	03.06.2015	11:27:00	1
2	Темп прокатки					1
3	- заданий	сек	85	03.06.2015	11:27:00	1
4	- фактичний	сек	76	03.06.2015	11:27:00	1
5	- машинний час	сек	25	03.06.2015	11:27:00	1
6	- пауза	сек	521	03.06.2015	11:27:00	1
7	Час простою стану					1
8	- за годину	хвилин	7	03.06.2015	11:27:00	1
9	- за добу	хвилин	128	03.06.2015	11:27:00	1
10	Кільк прокатаних слябів					1
11	- за годину	штук	18	03.06.2015	11:27:00	1
12	- за добу	штук	432	03.06.2015	11:27:00	1
13	Кільк рулонів					1
14	- за годину	штук	8	03.06.2015	11:27:00	1
15	- за добу	штук	192	03.06.2015	11:27:00	1
16	Кількість листів					1
17	- за годину	штук	10	03.06.2015	11:27:00	1
18	- за добу	штук	240	03.06.2015	11:27:00	1

Рисунок 3.27 – База даних показників роботи стану

Схема данных | диспетчер | Нагрів слябів | Оператор/д

код	Прізвище	Ім'я	Побаткові
1	Вовк	Сергій	Борисович
2	Кононов	Віктор	Павлович
3	Безсонов	Ілля	Степанович
4	Кудасов	Микита	Вікторович

Рисунок 3.28 – База даних операторів

Код	Прізвище	Ім'я	Побаткові
1	Васін	Петро	Якович
2	Іванов	Ян	Іванович

Рисунок 3.29 – База даних диспетчерів

Код	Оператор	Диспетчер	Час вих загс
1	1	1	11:23:00
2	2	1	11:25:00
3	3	2	11:27:00
4	4	2	11:34:00

Рисунок 3.30 – База даних зв’язку відділення методичних печей та прокатного стану

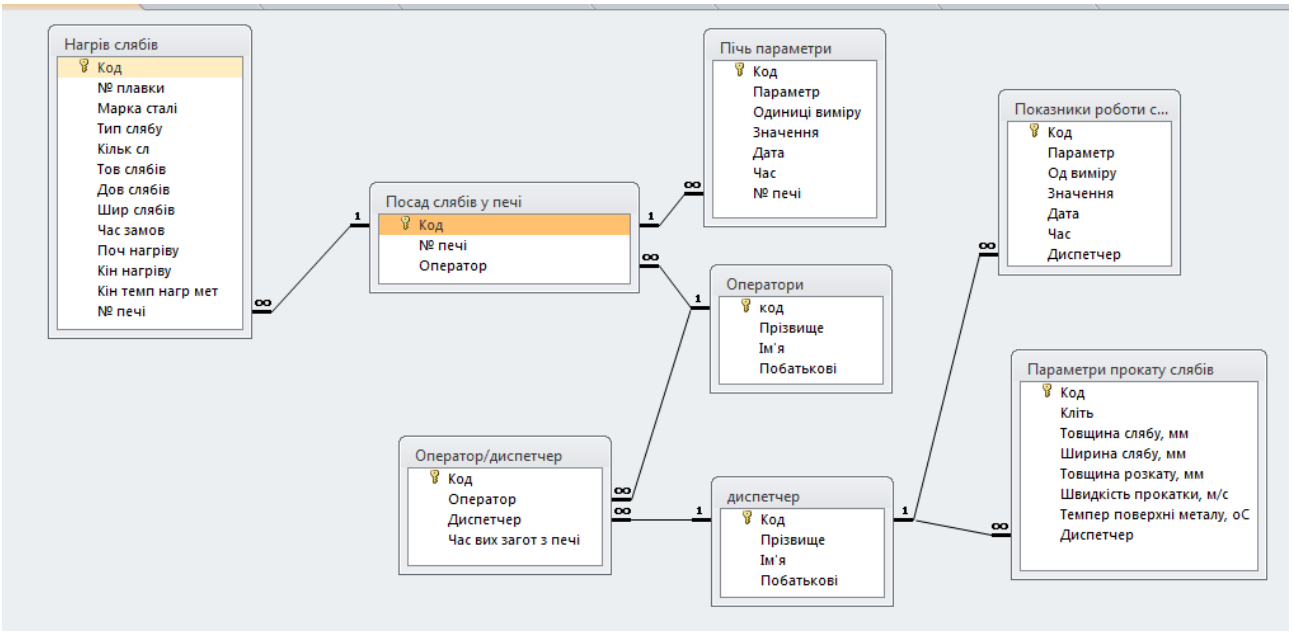


Рисунок 3.31 – Схема зв’язків бази даних

Також архіви для окремих груп параметрів ведуться у показуючих приладах РМТ. Оскільки вбудована пам'ять РМТ обмежена, в разі необхідності РМТ робить видалення частини архівних даних. Логіка видалення даних наступна:

При заповненні пам'яті на 80% від загального обсягу (2 Гб) відмічається транспарант «Пам'ять» у верхньому рядку. Це сигнал користувачеві для копіювання тих даних, що ще були скопійовані, або очищення пам'яті шляхом видалення старих невикористовуваних даних. У разі подальшого заповнення пам'яті на 90% проводиться видалення дня з самими старими даними з архіву поточної конфігурації. Збережені в пам'яті регістратора архіви інших змін ніколи автоматично не видаляється. Тому треба враховувати, що якщо на

момент заповнення пам'яті на 90% поточний архів містив, наприклад, всього 3 дні, а інша пам'ять зайнята архівами попередніх конфігурацій, то поточний архів завжди буде містити дані тільки за останні три дні, поки оператор не очистить пам'ять приладу.

Якщо з якихось причин, наприклад збій видалення даних, пам'ять приладу заповніться на 97%, то припиняється архівація та в журналі помилок з'являється повідомлення «Критичне заповнення пам'яті. Реєстрація припинена. виконайте видалення старих архівів / конфігурацій ».

Глобальний архів потрібен для зберігання інформації з СПАД-архіву та архіву тривог тривалий час (до декількох років). Дані передаються на сервер з періодичністю 5 хвилин.

3.7.2 Документування

Однією з важливих функцій АСУТП є формування обліково-звітної документації про роботу ділянки методичних печей та прокатного стану. Існують різні форми звітних документів: поточні, за зміну, з початку місяця, з початку року та інші. Розроблена ПТК формує обліково-звітну документацію про загальні показники на ділянці методичних печей за зміну та про роботу прокатного стану за добу [17].

Звіти формуються через певні проміжки часу або за запитом оператора-технолога чи начальника.

Шаблони звітів про загальні показники на ділянці методичних печей та про роботу прокатного стану представлені на рис. 3.32 та 3.33.

Ділянка методичних печей ВАТ «ЗМК«Запоріжсталь»»

Змінно-добовий рапорт

Загальні показники по печах за __.__.____, __:__

дата число.місяць.рік, час год:хв

Параметр	Од. виміру	Піч 1	Піч 2	Піч 3	Піч 4
Середня температура					
- методична зона	°С				
- 1-а зварювальна зона					
- 2-а зварювальна зона					
- нижня зона					
- томильна зона					
Тиск в робочому просторі	кПа				
Витрата газу					
- 1-а зварювальна зона	$м^3$/год				
- 2-а зварювальна зона					
- нижня зона					
- томильна зона					
Витрата повітря					
- 1-а зварювальна зона	$м^3$/год				
- 2-а зварювальна зона					
- нижня зона					
- томильна зона					

ПІБ оператора _____ Підпис_____

Рисунок 3.32 – Шаблон звіту загальних показників ділянки методичних печей за зміну.

Прокатний стан ЦГПТЛ ВАТ «ЗМК«Запоріжсталь»»

Змінно-добовий рапорт

Загальні показники роботи стану за __.__.____, __:__

дата число.місяць.рік, час год:хв

Параметр	Од. виміру	Значення
Режим роботи		
Темп прокатки	секунди	
- заданий		
- фактичний		
- машинний час		
- пауза		
Час простою стану	хвилини	
- за годину		
- за добу	год хв	
Кількість прокатаних слябів	штук	
- за годину		
- за добу		
Кількість рулонів	штук	
- за годину		
- за добу		
Кількість листів	штук	
- за годину		
- за добу		

ПІБ оператора _____ Підпис_____

Рисунок 3.33 – Шаблон звіту про показники роботи стану за добу.

3.8 Розробка диспетчерського пункту, принципової електричної схеми та схеми інформаційних потоків.

3.8.1 Диспетчерський пункт.

Диспетчерські пункти вирішують завдання оперативного контролю в масштабі цеха. Основне завдання - розподіл і координація матеріальних та енергетичних потоків виробництва для отримання максимальної можливої ефективності всього комплексу. У даному проекті в якості диспетчерського пункту виступає АРМ оператора відділення методичних печей, на якому збирається вся інформація з відділення методичних печей.

3.8.2 Принципова електрична схема.

Спираючись на порядок проходження сигналу, який було описано на схемі КТЗ, відповідно до прийнятих стандартів було розроблено принципову електричну схему. На ній було враховано особливості електричного з'єднання устаткування, обраного для САР відділом методичних печей [18].

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

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

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

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

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

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

Для регулювання температури робочого простору опалювальних зон обраний контактний термоелектричний метод виміру, а в якості датчиків - термоперетворювачі ТПР-1788, які мають уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА. З термопари сигнал надходить до показуючого регіструючого приладу РМТ 29/М1. До комплекту показуючого регіструючого пристрою належить регістратор РМТ 29/М1 модулі вводу сигналів. При вивченні особливостей технічних засобів були встановлені 3 універсальних аналогових модуля вводу А3, які можуть приймати сигнали з термопар, датчиків тисків та витратомірів.

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

Компоновка контролера також виконувалась з урахуванням можливості центрального процесору та модулів дискретного виводу. Живлення модулів

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

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

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

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

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

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

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

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

3.8.3 Схема зовнішніх з’єднань.

На схемі зовнішніх з`єднань умовно показано у вигляді ліній зв`язку електричні проводи, кабелі і захисні труби, що прокладені поза щитом між окремими приладами і засобами автоматизації [18].

Для живлення приладів використовується мідний кабель ВВГ з трьома жилами та перетином 1,5 мм^2.

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

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

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

Для з'єднання головного та резервного контролера використовується коаксіальний кабель РК50-3-11.

Для з'єднання головного та резервного контролерів з комутатором використовується кабель вита пара UTP CAT3 з чотирма парами та перетином 0,51 мм^2.

Для з'єднання з комутатором АРМ диспетчера прокатного стану, АРМ диспетчера відділу методичних печей, АРМ оператора відділу методичних печей, АРМ начальника цеху та сервера використовується кабель вита пара UTP CAT5 з чотирма жилами та перетином 0,51 мм^2.

Для захисту кабелей КВВГ та ВВГ від дій зовнішньої середи використовуються захисна труба діаметром 8 мм.

Для захисту кабелів вита пара UTP CAT2 та вита пара UTP CAT3 від дій зовнішньої середи використовуються металевий короб 50х50 товщиною 0,5мм.

Для захисту кабелю вита пара UTP CAT5 від дій зовнішньої середи використовуються пластиковий короб 50х50 товщиною 0,5мм.

4 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для забезпечення ефективної роботи системи автоматичного управління в процесі експлуатації необхідно розрахувати вірогідність безвідмовної роботи системи та оцінити її надійність.

Розрахунок показників безвідмовності виробів проводиться методом λ-характеристик, який засновано на визначенні інтенсивності відмов комплектуючих виробів. При цьому прийняті наступні допущення:

1) відмови комплектуючих виробів – випадкові незалежні події;

2) інтенсивність відмов комплектуючих виробів протягом терміну їх служби в одних і тих же робочих режимах і умовах постійна;

3) відключений стан виробів прирівнюється до зберігання.

Розрахунок ведеться для АСУ ТП відділення методичних печей в умовах цеху ЦГПТЛ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь».

4.1 Розрахунок параметрів наближеним методом

При цьому методі враховуються середньогрупові інтенсивності відмов елементів системи та досвід експлуатації аналогічних виробів [19].

Таблиця 4.1 - Вхідні данні

Найменування	Кількість	λ_{0i} $*10^{-6}$
Термопара ТХА	12	0,1
Термопара ТПР	16	0,1
Термопара ТХК	4	0,1
Метран 150 CG	4	0,9
Метран 150 CD	32	0,9
БП-906/24-8	4	0,7
ДКС-10	32	0,1
РМТ 29 М/1	8	0,5
БРУ-10	36	0,5

БіСТАРТ-Р	36	0,3
МЕО 100/625	36	1,5
Modicon Quantum	2	0,7
Промисловий комп'ютер	4	0,9
Принтер	2	1,5
Сервер	1	0,8
ДБЖ	8	0,7
Switch	1	0,8

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

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

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

$$= 2,5*140,8 *10^{-6} = 352 * 10^{-6} \text{ [1/год]}, \quad (4.1)$$

де k – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР;

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

m – кількість груп;

n_i - кількість елементів у групі;

- розраховується наробіток на відмову:

$$T'_0 = \frac{1}{\lambda'_{заг}} = \frac{1}{352*10^{-6}} = 7102,27 \text{ [год]}; \quad (4.2)$$

- розраховується імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P'(t) = e^{-\lambda'_{заг}} = e^{-\frac{t}{T'_0}} = e^{-\frac{40000}{7102,27}} = 0,36; \quad (4.3)$$

Таблиця 4.2 - Результати розрахунків параметрів надійності наближеним методом

Найменування	Кількість	λ_{0i} $*10^{-6}$	К	$\Lambda^1_{заг} *10^{-6}$, $\frac{1}{год}$
Термопара ТХА	12	0,1	2,5	352
Термопара ТПР	16	0,1		
Термопара ТХК	4	0,1		
Метран 150 CG	4	0,9		
Метран 150 CD	32	0,9		
БП-906/24-8	4	0,7		
ДКС-10	32	0,1		
РМТ 29 М/1	8	0,5		
БРУ-10	36	0,5		
БіСТАРТ-Р	36	0,3		
МЕО 100/625	36	1,5		
Modicon Quantum	2	0,7		
Промисловий комп’ютер	4	0,9		
Принтер	2	1,5		
Сервер	1	0,8		
ДБЖ	8	0,7		
Switch	1	0,8		

Таблиця 4.3 - Дані для побудови графіку залежності $P'(t)$

t, год	0	$0,5T_0^1$	T_0^1	$1,5T_0^1$	$2T_0^1$	$2,5T_0^1$	$3T_0^1$	$3,5T_0^1$	$4T_0^1$
$P(t)$	1	0,60	0,37	0,22	0,135	0,082	0,05	0,03	0,018

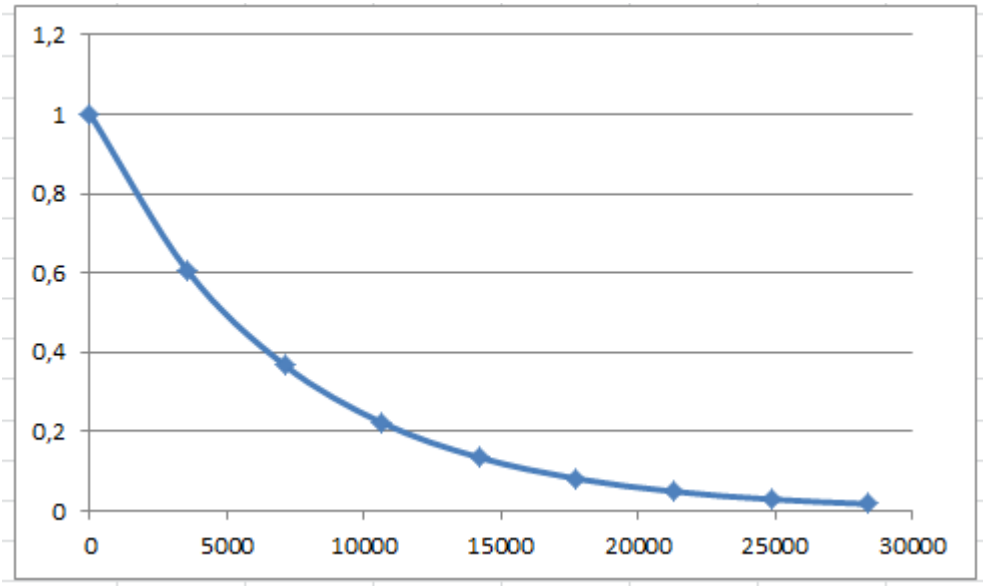


Рисунок 4.1 Графік залежності $P'(t)$

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

Для визначення коефіцієнтів навантаження елементів роблять розрахунки режимів роботи схеми або приймають рекомендовані коефіцієнти згідно статистичним даним. Вплив дестабілізуючих чинників враховуються за поправними коефіцієнтами, які визначаються конкретними умовами експлуатації та технічними параметрами [19].

Алгоритм розрахунку наступний:

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

a = 0,66

Таблиця 4.4 - Коефіцієнти навантаження

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

- розраховується комплексний поправочний коефіцієнт:

$$K_\lambda = K_{\lambda 1} * K_{\lambda 2} * K_{\lambda 3} = 1{,}04*2{,}5*1{,}1 = 2{,}86; \quad (4.4)$$

- розраховується загальна інтенсивність відмов :

$$\Lambda''_{ЗАГ} = K * K_\lambda * \sum_{i=1}^{m} \lambda_{Oi} * n_j \ \frac{1}{\text{год}}, \quad (4.5)$$

Λ”=k*k_λ*$\sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} * n_i$ =2.86*2,5*10^{-6}(0,1*32+0,9*36+0,1*6+0,5*8+0,3*36+ 0,3*36+1,5*36+0,7*2+0,7*4+0,7*18+0,9*4+1,5*2+0,8*1+0,8*1)= 2.86*2,5*140,8 *10^{-6}=695 * 10^{-6} [1/год],

- розраховується наробіток на відмову :

$$T''_0 = \frac{1}{\Lambda''_{ЗАГ}} = 2914{,}5 \text{ [год]};$$

- розраховується вірогідність безвідмовної роботи САР :

$$P''(t) = e^{-\Lambda''_{ЗАГ}} = e^{-\frac{t}{T''_0}} = 1; \quad (4.6)$$

Таблиця 4.5 - Дані і результати розрахунків параметрів надійності точним методом.

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

Таблиця 4.6 - Дані для побудови графіку залежності $P''(t)$:

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

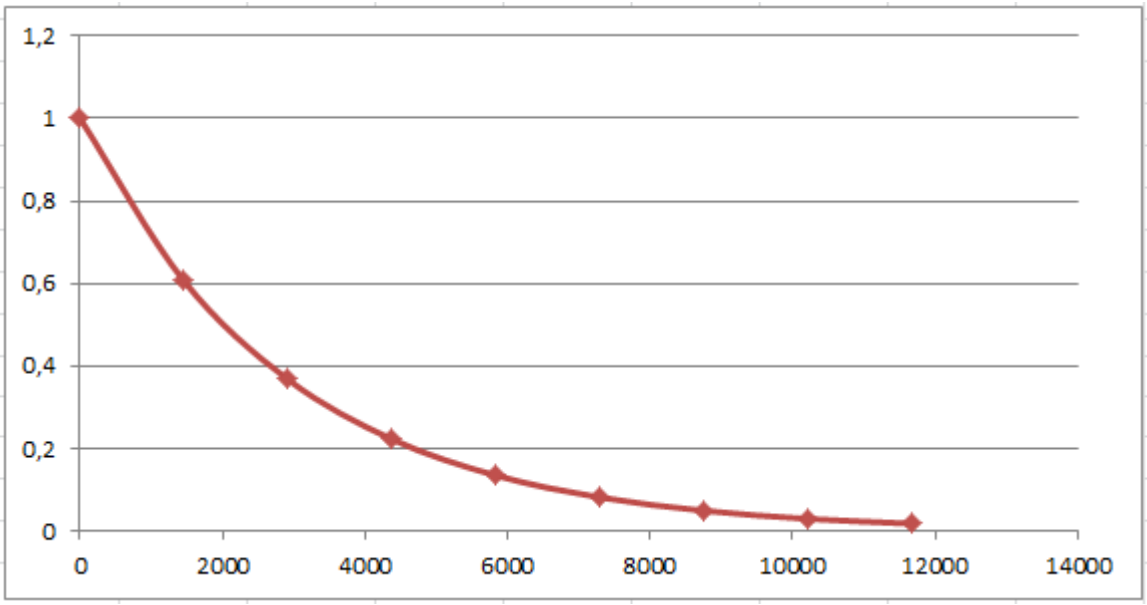


Рисунок 4.2-Графік залежності $P''(t)$

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

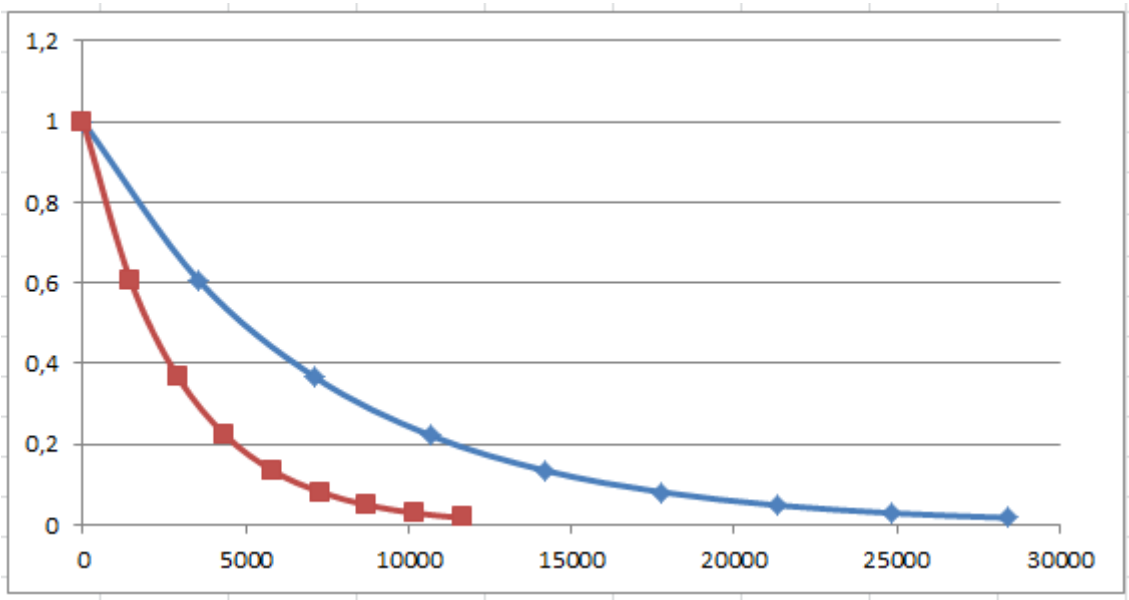


Рисунок 4.3 - Графіки $P'(t)$ і $P''(t)$ в єдиних координатах

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

4.3 Розрахунок гарантійного терміну САР.

Відбувається розрахунок гарантійного терміну САР:

$$T_Г = \frac{T_0}{4 * K_{дн} \cdot M}, \qquad (4.7)$$

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

M - кількість місяців роботи за рік.

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

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

$$T_B = \sum_{j=1}^{q} T_{Bj} * m_j, \text{ [год]}, \qquad (4.8)$$

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

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

m_j - кількість елементів в групі.

Таблиця 4.7 - Дані для розрахунку тривалості відновлення

Найменування	Кількість m_j	T_{Bj}, год
Термопара ТХА	12	0,3
Термопара ТПР	16	0,3
Термопара	4	0,3

ТХК		
Метран 150 CG	4	0,2
Метран 150 CD	32	0,2
БП-906/24-8	4	0,1
ДКС-10	32	0,3
РМТ 29 М/1	8	0,5
БРУ-10	36	0,5
БіСТАРТ-Р	36	0,5
МЕО 100/25	36	0,8
Modicon Quantum	2	0,5
АРМ	4	0,9
Принтер	2	0,3
Сервер	1	0,8
ДБЖ	18	0,2
Switch	1	0,4

$T_в$

=(0,3*32+0,2*36+0,3*6+0,3*8+0,5*36+0,5*36+0,8*36+0,5*2+0,1*4+0,2*18+

0,3*4+0,3*2+0,8*1+0,4*1) = 93,8 год.

Визначаємо коефіцієнт готовності :

$$K_Г = \frac{1}{1 + \Lambda_{заг.} \cdot T_В} = 0,\ 9677 \qquad (4.9)$$

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

мінімальну необхідну надійність системи. Тому при створенні і експлуатації систем необхідно вживати спеціальні заходи, спрямовані на підвищення надійності систем.

Збільшення надійності системи можна досягти наступними основними методами:

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

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

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

5 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

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

Специфікація обладнання складається з розділів:

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

6 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

6.1 Організаційне забезпечення цеху гарячої прокатки тонкого листа

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

Одним із структурних підрозділів ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь»» є цех гарячої прокатки.

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

Впровадження АСУ ТП відділення методичних печей в цеху гарячої прокатки ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь»» включає у себе встановлення нового обладнання, що повинно призвести до більш ефективного використання ресурсів.

Результати промислової експлуатації підтверджують технічну та економічну доцільність застосування мікропроцесорного обчислювального комплексу для АСУ ТП відділення методичних печей. Передбачено значне

розширення інформаційних функцій, модернізація технічних засобів, алгоритмів і критеріїв управління персоналом.

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

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

Нижче представлений розрахунок ТЕО впровадження АСУ ТП відділення методичних печей в умовах цеху ЦГПТЛ ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь»».

6.2 Розрахунок техніко-економічної ефективності АСУ ТП

Розрахунок суми капіталовкладень приведений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Кошторисна вартість КТЗ

Найменування	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Термопара ТХА 0188	12	92	1104
Термопара ТПР 1788	12	3846	46125
Термопара ТХК 2088	4	136	544
Датчик тиску Метран 150CG	4	2833	11332
Діафрагма ДКС-10	24	3500	84000
Датчик різниці тисків Метран 150CD	24	2833	67992
Показуючий прилад РМТ 29/М2	8	15000	120000
Блок ручного управління БРУ-10 в комплекті з КБЗ	36	2650	95400
Пускач БіСТАРТ-Р	36	1480	53280
Виконавчий механізм МЕО 100/25	36	6000	216000
Модуль живлення 140 CPS 111 00	2	52830	105660
Модуль центрального процесора	2	120000	240000

140 CPU 113 03			
Інтерфейсний модуль 140 NOE 211 00	2	42000	84000
Модуль гарячого резерву140 CHS 110 00	2	68000	132000
Модуль розподіленого вводу/виводу 140 CRA 212 10	4	45000	180000
Модуль дискретного виводу 140 DRA 840 00	8	35000	280000
Блок живлення БП-906/24-8	4	700	2800
Джерело безперебійного живлення Powercom RTM-850	8	1200	9200
Промисловий комп’ютер	4	12000	48000
Принтер HP Laser Jet	2	1500	3000
Сервер архівування Patriot Tower	1	15000	15000
Комутатор Switch EDGE-6528	1	1450	1450
Всього	–	–	1814087

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

Затрати на установку, монтаж та запуск комплексу технічних засобів складають 10% від його вартості: 181408,7грн [14].

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

6.2.1 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ ТП

Одноразові витрати на створення АСУ ТП відділення методичних печей визначаються за формулою [20]:

$$К^{А} = К_{П}^{А} + К_{К}^{А}, \qquad (6.1)$$

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

$К_К^А$ - капітальні витрати, грн.

До виробничі витрати на розробку АСУ ТП розраховуються за формулою:

$$К_П^А = К_{ПР}^А + К_{ПО}^А + К_{ИО}^А , \quad (6.2)$$

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

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

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

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

Величина капітальних витрат визначаються за формулою:

$$К_К^А = К_{КТС}^А + К_{МОНТ}^А - К_{ВЫСВ}^А \quad (6.3)$$

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

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

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

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

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

6.2.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ ТП

Розрахунок річних експлуатаційнх витрат на функціонування АСУ ТП відділення методичних печей здійснюється за формулою [20]:

$$З_{ЭКСП} = З_{ЗП} + З_{ЭЛ} + З_А + З_{МАТ} + З_{РЕМ}, \quad (6.4)$$

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

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

$З_А$ - річна сума амортизаційних відрахувань, грн.;

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

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

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

Річна вартість електроенергії, споживаної АСУ ТП відділення методичних печей, визначається за формулою:

$$З_{ЭЛ} = W * T_{ЭФ} * Ц_{Э}, \quad (6.5)$$

де W - встановлена потужність КТЗ, кВт;

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

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

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

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$З_{А} = \frac{К_{К}^{А} * Н_{А}}{100}, \quad (6.6)$$

де $Н_{А}$ - норма амортизації, %.

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

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

6.2.3 Розрахунок собівартості продукції після впровадження АСУ ТП

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

Витрати на сировину і матеріали при функціонуванні АСУ ТП відділення методичних печей з урахуванням можливого збільшення обсягу виробництва і скорочення витрат на сировину та матеріали складуть [20]:

$$С_{М}^{А} = С_{М}^{Б} * у\left(\frac{100-В_{м}}{100}\right), \quad (6.7)$$

$$y = \frac{100+y_1}{100}, \qquad (6.8)$$

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

y - індекс об'єму виробництва;

y_1 - процент збільшення об'єму виробництва в результаті впровадження АСУ ТП, %;

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

$$y = \frac{100 + 10}{100} = 1{,}1$$

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

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

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

$$C_T^А = C_T^Б * y\left(\frac{100-B_m}{100}\right), \qquad (6.9)$$

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

B_m - процент можливого скорочення витрат палива і енергії після впровадження АСУ ТП, %;

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

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

$$C_{ЗП}^А = C_{ЗП}^Б * [1 + А * (y - 1)], \qquad (6.10)$$

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

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

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

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

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

$$С^{А}_{ОБ} = С^{Б}_{ОБ.ПЕР} * у + С^{Б}_{ОБ.ПЕР}, \qquad (6.11)$$

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

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

Цехові витрати після впровадження АСУ ТП визначаються за формулою:

$$С^{А}_{Ц} = С^{Б}_{Ц} * \left[1 + (у - 1) * Д_{Ц}\right], \qquad (6.12)$$

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

$Д_{ц}$- коефіцієнт залежності приросту цехових витрат від приросту обсягу виробництва

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

Загальнозаводські витрати після впровадження АСУ ТП визначаються за формулою:

$$С^{А}_{ОБЩ} = С^{Б}_{ОБЩ} * \left[1 + (у - 1) * Д_{З}\right], \qquad (6.13)$$

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

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

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

Позавиробничі витрати змінюються пропорційно обсягу виробництва і розраховуються за формулою:

$$С^{А}_{ВН} = С^{Б}_{ВН} * у, \qquad (6.14)$$

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

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

Собівартість річного випуску продукції після впровадження АСУ ТП складає:

$$С^{А} = С^{А}_{М} + С^{А}_{Т} + С^{А}_{ЗП} + С^{А}_{ОБ} + С^{А}_{Ц} + С^{А}_{ОБЩ} + С^{А}_{ВН} + З_{ЭКСП}, \qquad (6.15)$$

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

6.2.4 Розрахунок показників економічної ефективності АСУ ТП

Основними показниками економічної ефективності АСУ ТП є:

- річний приріст прибутку;

- річний економічний ефект;

- розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

- термін окупності витрат [20].

Річний приріст прибутку визначається за формулою:

$$E_{річ} = \frac{В^{А} - В^{Б}}{В^{Б}} * П^{Б} + (С^{Б} - С^{А}) * В^{А}, \qquad (6.16)$$

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

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

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

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

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E = E_{річ} - E_H * K^A\,, \qquad (6.17)$$

де E_H - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень.

$$E_H = 0{,}15$$

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

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

$$E_p = \frac{E_{річ}}{K^A}\,, \qquad (6.18)$$

$$E_p = \frac{68344}{386325} = 0{,}22$$

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

Термін окупності витрат визначається за формулою:

$$T = \frac{K^A}{E_{річ}}\,, \qquad (6.19)$$

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

Результати розрахунку економічної ефективності зводимо у таблицю 6.2

Таблиця 6.2 - Результати розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Од. вим.	Значення показника	
		До впровадження АСУ ТП	Після впровадження АСУ ТП
1. Річний обсяг реалізованої продукції	$м^3$	3568025	3655985
2. Собівартість річного випуску продукції	грн.		214395800
3. Одноразові витрати на створення АСУ ТП: - довиробничі витрати; - капітальні витрати.	 грн. грн.		 40000 1814087
4. Річний приріст прибутку: - за рахунок підвищення об'єму виробництва; - за рахунок зменшення собівартості продукції.	 грн. грн.		 68344 63845
5. Витрати на паливо і енергію:	грн.	1640160	1497466
6. Річний економічний ефект	грн.		67960
7. Строк окупності капітальних вкладень	рік		4,5

7 0ХОРАНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

7.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих факторів

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

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

$V=S*h$, $м^3$; (7.1)

де S – площа приміщення, h – висота приміщення.

$S=a*b$, $м^2$; (7.2)

де a – довжина приміщення, b – ширина приміщення.

$S=8*9=72м^2$;

$S=72*3,2=230,4$ $м^3$;

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

Так як приміщення КВП і А знаходиться в будівлі, де стоять агрегати, які виділяють тепло, виробляють вібрації і шуми, виробляють шкідливості в атмосферу, то стан умов праці на ділянці не відповідає нормальним умовам. Крім цих постійних шкідливих і небезпечних факторів діють і тимчасові: рух вагонів, кранів та ін., також можливе ураження персоналу електричним струмом, від якого запитані прилади.

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

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

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

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

Основними шкідливими чинниками в цеху гарячої прокатки тонкого листа є:

а) фізичні фактори:

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

б) хімічні фактори:

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

г) психо-фізиологічні фактори:

- підвищена втома
- монотонність праці
- емоціональні перевантаження

Основними небезпечними факторами цеху гарячої прокатки тонкого листа є:

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

Оцінка факторів виробничого і трудового процесу дана для слюсаря КВПіА, обслуговуючого відділ методичних печей представлена у вигляді карти умов праці в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 Оцінка факторів трудового процесу слюсаря КВПіА

п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас – шкідливі і небезпечні умови роботи і характер праці			Тривалість дії, %
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
	Запиленість та загазованість						
	неорганічний пил, мг/м^3	6	2,6				5
	MnO_2, мг/м^3	0,3	0,25				5
	Fe_2O_3, мг/м^3	4	5	1,25			5
	CO, мг/м^3	20	5				5
	Шум, дБА	80	95		15		0
	Вібрація	92	97		5		5
	Мікроклімат в приміщенні (теплий період)						
	Температура повітря в приміщенні КВПіА, С	22	30		8		5
	Температура повітря в цеху, С	25	35			10	5
	Вологість повітря в приміщенні КВПіА, %	60	50	10			5
	Вологість повітря в цеху, %	60	40	20			5
	Рухливість повітря в приміщенні КВПіА, м/с	0,3	0,35	1,17			5
	Рухливість повітря в цеху, м/с	0,4	0,45	1,125			
	Освітленість						
	освітлення штучне значення, лк	200	100				5

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

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

Вплив виробничої вібрації на людину викликає зміни як фізіологічного, так і функціонального стану організму людини. Зміни у функціональному стані організму проявляються в підвищенні стомлюваності, збільшення часу рухової і зорової реакції, порушення вестибулярних реакцій та координації рухів. Все це веде до зниження продуктивності праці. Зміни у фізіологічному стані організму - у розвитку нервових захворювань, порушення функцій серцево-судинної системи, порушення функцій опорно-рухового апарату, ураженні м'язових тканин і суглобів, порушенні функцій органів внутрішньої секреції. Все це призводить до виникнення вібраційної хвороби.

Дія пилу на шкірний покрив зводиться в основному до механічного подразнення. Внаслідок такого роздратування виникає невеликий свербіж, неприємне відчуття, а при розчісуванні може з'явитися почервоніння і деяка припухлість шкірного покриву, що свідчить про запальний процес. Порошинки можуть проникати в пори потових і сальних залоз, закупорюючи їх і тим самим ускладнюючи їх функції. Це призводить до сухості шкірного покриву, іноді з'являються тріщини, висипки. Потрапивши разом з пилом мікроби в

закупорених протоках сальних залоз можуть розвиватися, викликаючи гнійничкові захворювання шкіри - піодермії. Закупорка потових залоз пилом в умовах гарячого цеху сприяє зменшенню потовиділення і тим самим ускладнює терморегуляцію.

Дія пилу на верхні дихальні шляхи зводиться до їх подразнення, а при тривалому впливі - до запалення. У початкових стадіях воно проявляється у вигляді першіння в горлі, кашлю, відхаркування брудної мокротою. Потім з'являється сухість слизових, скорочення відділення мокроти, сухий кашель, хрипота; в деяких випадках при впливі пилу хімічних речовин можуть з'явитися виразки слизової оболонки носа [26].

7.2 Заходи з поліпшення умов праці

Джерелами шуму та вібрації у приміщенні КВПіА є рухомі механізми та двигуни, розташовані в цеху. Вібрація передається по цеху, тому між стінами, несучими балками та каркасом встановлюють прокладки [6].

Фактичне значення шуму в приміщенні КВПіА значно перевищує нормативне. Тому полягає необхідність розробки інженерно-технічних та організаційних заходів щодо зниження шуму до нормативних значень.

Визначення рівнів звукового тиску в розрахункових точках:

1) джерела шуму та розрахункові точки знаходяться на території, тому очікувані рівні звукового тиску визначаються за формулою:

$$L_i = L_{pi} - 20lgr_i + 10lg\frac{\Phi_i}{4\pi} - \frac{\beta_a r_i}{1000}, \text{ дБ}, \quad (7.3)$$

де L_{pi} – рівень звукової потужності джерела шуму, дБ;

Φ_i – фактор спрямованості джерела шуму (безрозмірний);

r_i – відстань від джерела шуму до розрахункової точки, м;

i – номер джерела;

β_a - затухання звуку в атмосфері.

Рівень звукової потужності джерела шуму L_{pi} дорівнюється фактичному значенню шуму в приміщенні - 95 дБ.

Відстань r_i дорівнює 4 м, а якщо $r_i < 50$, то затухання в атмосфері β_a не враховується.

Фактор спрямованості Φ_i характеризує нерівномірність випромінювання джерела шуму в різних напрямках. Джерело шуму з рівномірним випромінюванням на відбиваючій поверхні, тому $\Phi_i = 2$.

Отже очікуваний рівень звукового тиску дорівнює:

$L_i = 95 - 20lg4 + 10lg\frac{2}{4\pi} - \frac{4}{1000} = 87{,}4$ дБ;

Допустимий рівень рівень звукового тиску на робочому місці дорівнює 75 дБ. Отже норма перевищена на 12,4 дБ.

Для зменшення впливу шуму доцільно обшити стіни приміщення КВПіА плитами із пресованої пробки товщиною 50 мм, які мають індекс ізоляції шуму 20 дБ [6]. Приміщення слюсаря не прилягає до приміщення з агрегатом, існує буферна зона у вигляді коридору. Для роботи в приміщенні поряд з працюючим рухомим механізмом надаються вкладки протишумові.

Для передбачення шкідливого впливу димових газів використовують газоаналізатори, що вимірюють вміст газів в повітрі приміщення КВПіА [27].

7.3 Виробнича санітарія

7.3.1 Мікроклімат

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату згідно з ДСН [21] приведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 Нормовані величини температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

		Теплий період року	Холодний період року
Категорія робіт		IIб	IIб
Оптимальна температура, °С		22	19
Допустима температура, °С	Верхня межа	29	23
	Нижня межа	15	13
Оптимальна відносна вологість, %		60	60
Допустима відносна вологість, %		70 (при 25 °С)	75
Оптимальна швидкість руху повітря, м/с		0,3	0,2
Допустима швидкість руху повітря в цеху, м/с		0,5	0,4

7.3.2 Опалення

Для забезпечення відповідних умов праці приміщення КВПіА цеху гарячої прокатки обладнане централізованою системою опалення. Подача енергоносія відбувається від загальнозаводської системи опалення.

7.3.3 Вентиляція

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

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

травильних ванн, прокатних станів, місцях різання металу встановлена місцева витяжна вентиляція [27].

7.3.4 Освітлення

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

За умовами у робочому приміщенні зорові роботи можна віднести до V розряду (освітленість при загальному освітленні має дорівнювати не менше 200 лк)[6].

Для освітлення приміщення КВПіА застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛДЦ потужністю 80 Вт, напруга на лампі 108 В, струм лампи 0,82 А, світловий потік Х2 = 2720 лк. В якості світильників застосовують тип ОД (загального освітлення, дифузійний), виконання відкрите, призначений для загального освітлення.

Висота підвісу світильника становить Н = 2,5 м. Намічено 2 контрольні точки в горизонтальній площині, дві світні лінії довжиною L = 7 м і оптимальною відстанню між ними Х3 = 4 м [6].

7.4 Електробезпека

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

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

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

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

Тому доцільно в даних приміщеннях застосувати контурне заземлення електрообладнання.

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

- Контроль і профілактика пошкоджень ізоляції.
- Захисне заземлення [23].

7.5 Пожежна безпека. Техногенна безпека

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

Виходячи з того, що в приміщенні КВП і А використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані, приміщення можна віднести до категорії Д [24].

За класом можливих пожеж приміщення можна віднести до категорії Е (горіння електроустаткування) [24]. Пожежна небезпека електроустановки обумовлена наявністю горючих ізоляційних матеріалів. Горючими є ізоляція обмотки трансформатора, котушок реле, контрольно-вимірювальних приладів, проводів та кабелів. Значну пожежну небезпеку становлять комутаційні апарати, в яких при відключенні струмів виникає небезпечне іскроутворення.

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

Евакуація обслуговуючого персоналу у разі виникнення пожежі забезпечується через евакуаційні виходи, передбачено – два [25]. План евакуації представлений на рис. 7.1.

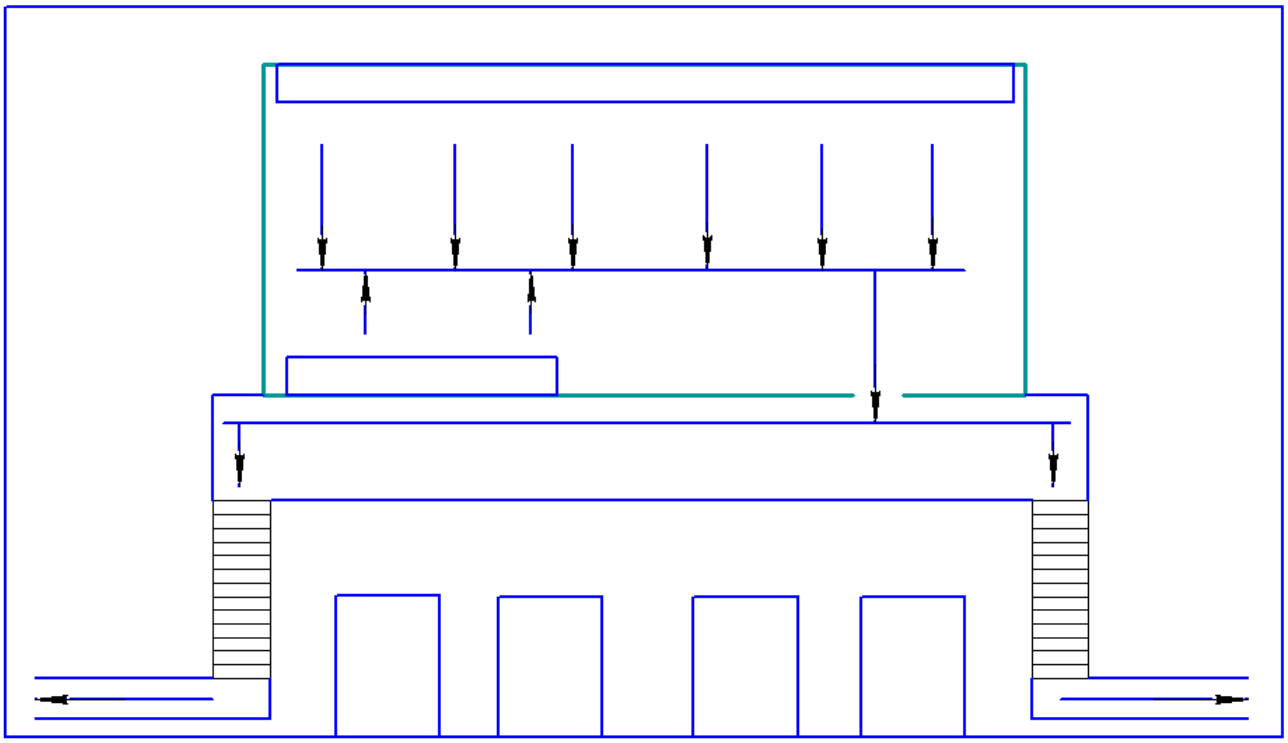


Рисунок 7.1 – План евакуації у разі виникнення пожежі.

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

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

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

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

7.6 Засоби індивідуального захисту

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

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

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту здійснювалась розробка проекту автоматизації узгодження АСУ ТП відділення методичних печей з АСУ ТП прокатного стану в умовах цеху гарячої прокатки ПАТ ЗМК«Запоріжсталь».

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

Було обґрунтовано цілі створення ПТК ЗА, визначено інформаційні функції та функції регулювання. Була підібрана апаратна частина ПТК ЗА та було проведено компонування контролера. Зроблений опис функціонування і розміщення КТЗ на об’єкті. Розроблено технічний комплекс засобів автоматизації нижнього та верхнього рівнів. Була розроблена структурна схема комплексу технічних засобів.

Обрана операційна система Windows 7 для автоматизованих робочих місць операторів та диспетчерів, та операційна система Linux для графічних відео реєстраторів РМТ 29/М1. В якості прикладного програмного забезпечення для контролера Modicon TSX Quantum була обрана SCADA-система Trace Mode 6.

Для зв'язку показуючого реєструючого приладу РМТ 29/М1 з розподіленими вузлами DIO та для зв'язку розподілених вузлів DIO з контролером застосована топологія “Шина”.

На верхньому рівні АСУ ТП для зв'язку АРМ диспетчеру відділу методичних печей, АРМ диспетчеру прокатного стану, АРМ оператору відділу методичних печей, АРМ начальника цеху та серверу архівування даних застосована топологія мережі типу "Зірка". У якості зв'язної ланки використано комутатор.

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

Було розглянуто розподіл інформації по рівням АСУТП, визначені алгоритми управління по кожному контуру та на основі цієї інформації у

SCADA-системі Trace Mode 6 було розроблено мнемосхему та FBD-програми управління методичними печми та прокатним станом.

Було прийняте рішення на АРМ оператора відділу методичних печей, начальника цеху та диспетчерів відділу методичних печей та прокатного стану використовувати локальний СПАД-архів, для якого на рік виділено 4,232 ГБ пам'яті. На сервері архівації Patriot Tower E3-1220V WFS використовується глобальний архів. На графічних відео реєстраторах використовується архів тривог. Уся інформація зі СПАД-архіву обробляється та передається до бази даних, за допомогою якої можна сформувати звітні документи. База даних розроблена у середовищі Microsoft Office Access 2010. База даних знаходиться на АРМ диспетчерів відділу методичних печей та прокатного стану. Значення с мнемосхеми передаються у базу даних через інтерфейс Ethernet по протоколу TCP/IP.

Розроблено форми обліково-звітних документацій про загальні показники на ділянці методичних печей за зміну та про роботу прокатного стану за добу.

Спираючись на порядок проходження сигналу, який було описано на схемі КТЗ, відповідно до прийнятих стандартів було розроблено принципову електричну схему та схему зовнішніх з'єднань.

Була розрахована надійність системи. У результаті розрахунків був визначений гарантійний термін роботи, який складає 0,65 років.

При розрахунку техніко-економічних показників було виявлено що для впровадження системи потрібно вкласти 1814087 грн. Термін окупності системи складає близько 4,5 років.

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Беленький А.М., Автоматичне управління металургійними процесами Металургія, 1989. -379 с.

2. Тайц Н.Ю., Розенгарт Ю.І. Методичні нагрівальні печі М.: Металлургиздат, 1964. - 408 с.

3. Автоматизація металургійних печей. В.Ю.Каганов, О.М.Блінов: Металургія , 1975.-376 с.

4. ТІ 226-П.ГЛ-18-06. – Технологічна інструкція. - Виробництво гарячекатаних полос на НТЛС 1680 методом прямої гарячої прокатки слябів без попереднього нагріву в методичних печах. – ВАТ ЗМК «Запоріжсталь».

5. ТІ 226-П.ГЛ-01. – Технологічна інструкція. - Виробництво гарячекатаних полос на НТЛС 1680 методом гарячої прокатки слябів з попереднім нагрівом у методичних печах. – ПАТ ЗМК «Запоріжсталь».

6. ГОСТ 24.104-85. Автоматизовані системи управління. Загальні вимоги. – Введ. 1987-01-01. — М. : Изд-во стандартов, 1988.

7. Металургавтоматика. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.ma.dp.ua/products/product5/

8. Програмно-технічні комплекси засобів автоматизації. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 7.092501 "Автоматизоване управління технічними процесами" / Укл.: Н.О. Міняйло, А. М. Ніколаєнко - Запоріжжя, 2008. - 218с.

9. Ніколаєнко, А. М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації: Навчальний посібник. / А. М. Ніколаєнко, Н. О. Міняйло. – Запоріжжя: ЗДІА, 2011. – 444 с.

10. БіСТАРТ-Р – реверсивні прилади плавного пуску. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.bitek-e.ru/bistart.htm

11. РМТ 29 – Графічний відео реєстратор. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.elemer.ru/production/rmt/nopaper/rmt_29.php

12. Magelis Compact iPC – Промисловий комп’ютер. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/2100-hmi-terminals-and-industrial-pc/2120-industrial-pc-and-display/1073-magelis-compact-ipc/

13. Windows 7 – Операційна система. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows7/products/system-requirements

14. Linux – Операційна система реального часу. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://docs.altlinux.org/archive/2.4/master/alt-docs-extras-linuxcovice/ch01s02.html

15. Scada Trace Mode 6. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.adastra.ru/products/dev/scada/

16. Гинкул С.І., Лебедєв О.М. Моделювання нагріву металу в методичній печі: дис. канд. тех. наук: 05.13.07/Гинкул Сергій Ігоревич. – ДонНТУ. – Донецьк, 2009. – 7с.

17. Міняйло Н. О. Програмно-технічні комплекси засобів автоматизації. Методичні вказівки для виконання курсового проекту./ Укл.: Н.О. Міняйло. – Запоріжжя, 2007. – 35с.

18. Клюєв А.С., Глазов Б.В.,Дубровський А.Х.,Проектування систем автоматизації технологічних процесів:Енергоатоміздат,1990.-464 с.

19. Полянський, Г. О. Методические указания к расчету надежности и работоспособности систем автоматического управления (раздел дипломного проекта «Проектная оценка надежности АСУ ТП») для студентов ЗГИА специальности «АУТП». / Г. О. Полянський. – Запорожье: ЗГИА, 2003. – 24 с

20. Барішенко О.М., Овчинникова І.А. Контрольна робота з дісципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень». Методичні вказівки до контрольної роботи для студентів ЗДІА спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами» кваліфікації «спіаліст»/ Укл.: О.М. Барішенко, І.А. Овчинникова. – Запоріжжя, 2010. – 28 с.

21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

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

23. Галузеві нормативно-правові акти щодо вимог безпеки до виробничого обладнання, технологічних процесів, безпечної організації виконання робіт.

24. Пожежна безпека. Нормативні акти та інші документи т. 1,2,3,4.

25. СНиП 2.01.02-85. протипожежні норми проектування зданій та споруд.

26. Злобинский Б. М. Охорана праці в металлургії. - М.: Металлургия, 1986г. – 460с.

27. Трахтенберг А. М., Коршун М. М., Чебанова О. В. Гігуєна праці та виробнича санітарія. - К.: Київ, 1997г. – 462с.