

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Форма навчання Денна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

Шрам Дмитра Петровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему: Проектування системи автоматизації стикування електродів
електрофільтру аспірації ДП 9 ПАТ АМКР

(повна назва теми)

за матеріалами ДЦ-2 ПАТ "АМКР"

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник

доцент, к.т.н.

(наук. ступінь, вчене звання)

(підпис)

Модло Є. О.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 17 червня 2026 р. №10

Завідувач кафедри

(підпис)

доцент, к.п.н.

Наук. ступінь, вчене звання

Є.О. Модло

Ініціали, прізвище

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра Електричної інженерії і автоматизації

Рівень вищої освіти Бакалавр

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Електричної інженерії і автоматизації

В.о. зав. каф.

Модло Є.О.

(підпис)

(посада, вчене звання,
прізвище ініціали)

«___» _____ 2026 __ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ(КИ)

Шрам Дмитро Петрович

(прізвище, ім'я, го батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра Проектування системи автоматичного управління струшуванням електродів електрофільтру аспірації ДП №9 ПАТ "АМКР"

керівник кваліфікаційної роботи Модло Євгеній Олександрович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20»11.2025 р. № _____

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до _____ кафедри

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра:
статті, патенти, промислові дослідження

Об'єкт розробки і дослідження – електрофільтр доменної печі

Характер навантаження – навантаження реактивне, ударного типу, робота в тривалому режимі, діапазон регулювання швидкості 10:1

Тип системи електроприводу: режим роботи електропривода - повторно-короткочасний S3, рід струму – постійний, тиристорний перетворювач – реверсивний, напруга змінного струму 10 кВт та 380 В, відхилення напруги мережі +10 %, -15 %, частоти мережі 50 Гц±2 %, _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;

4.2 Основна частина.

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

1 Функціональна схема

2 Структурна принципова схема

3 Схема силового кола системи ТП-Д

4 Часова схема САУ

5 Технологічний процес роботи системи електрофільтрації для доменної печі

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітична частина	Модло Є.О., доцент		
2 Основна частина	Модло Є.О., доцент		

7. Дата видачі завдання «___» _____ 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	29.11.2025	
2.	Основна частина	06.12.2025	
3.	Оформлення пояснювальної записки	13.12.2025	
4.	Виконання графічної частини	25.02.2026	
5.	Подання роботи до кафедри	08.05.2026	
6.	Захист роботи в ЕК	17.06.2026	

Студент

(підпис)

Шрам Д. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Модло Є.О.

(прізвище та ініціали)

№ ряд ка	Фор мат	Позначення			Назва	Кіл. листів	№ екз.	Прим.
1	A1	ВРБ.151.256-ст.10.Е2			Схема електрична	1		
2					функціональна			
3								
4	A1	ВРБ.151. 256-ст.10.Е1.1			Схема принципіальна	1		
5					електрична			
6								
7								
8								
9								
10	A3	ВРБ.151. 256-ст.10.Е1.2			Часова схема	1		
11								
12	A3	ВРБ.151. 256-ст.10.Е1.3			Блок-схема алгоритма	1		
13					роботи			
14					робочої станції			
15								
16	A4	ВРБ.151. 256-ст.10.ПЗ			Пояснювальна записка	81		
17								
18								
					ВРБ.151. 256-ст.10.ВР			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Шрам Д. П.						
Пров.		Жуков М. С.						
					Літера Аркуш Аркушів ННТІ ДУЕТ Каф.ЕІА гр. АВ-22			
Н.контр.		Модло Є.О.						
Затв.		Модло Є.О.						

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 82 стор., 19 рис., 04 табл., 10 джерел.

Об'єкт розробки – електрофільтр.

Мета розробки – розробка та дослідження ЕП електрофільтру.

Елементна база, яка використовується при побудові системи електроприводу: тиристорний випрямляч, трансформатор, електродвигун, система керування.

Результати роботи можуть бути використані як інформаційний матеріал при проектуванні, розрахунку та дослідженні електрофільтру доменної печі №9.

Ключові слова: ДОМЕННА ПІЧ, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, АСПІРАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, SIMATIC S7-1200, СТРУШУВАННЯ ЕЛЕКТРОДІВ, ГАЗООЧИСТКА, ПИЛОВЛОВЛЮВАННЯ, ДОМЕННИЙ ГАЗ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОБЛАДНАННЯ ДОМЕННОГО ЦЕХУ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА	8
1.1 Конструкція доменної печі	8
1.2 Пристрій доменного цеху	11
1.3 Пристрій ливарного двору	12
1.4 Системи шихтоподачі	14
1.5 Ділянки збирання чавуну та шлаку	18
1.6 Характеристика пилогазових викидів	19
1.7 Аналіз схем очищення газів в доменному виробництві	22
2 ЕЛЕКТРОФІЛЬТ	24
2.1 Використання електрофільтру	24
2.2 Завдання ситеми	27
2.3 Технологічний цикл	29
2.3 Принцип роботи електрофільтру	31
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	34
3.1 Основні комплектуючі для системи	34
3.2 Щит автоматизації та керування	39
4 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА ПРИНЦИПИ РОБОТИ СИСТЕМИ	52
4.1 Робота системи	52
4.1 Шафа управління очисткою доменної печі	65
5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	73
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	80
ДОДАТОК А	81
ДОДАТОК Б	82

ВСТУП

Чорна металургія є однією з найважливіших галузей промисловості України та відіграє провідну роль у формуванні економічного потенціалу держави. Галузь забезпечує виробництво чавуну, сталі, прокату та іншої металопродукції, яка широко використовується у будівництві, машинобудуванні, транспорті, енергетиці та інших сферах господарства. Україна має значну сировинну базу чорної металургії, зокрема великі поклади залізної руди Криворізького залізрудного басейну, що створює сприятливі умови для розвитку металургійного комплексу.

У 2026 році чорна металургія України функціонує в умовах складної економічної ситуації, спричиненої воєнними діями, енергетичною кризою, порушенням логістичних шляхів та скороченням обсягів експорту. Незважаючи на це, металургійна промисловість залишається однією з основних галузей української економіки, забезпечуючи валютні надходження, зайнятість населення та підтримку промислового виробництва країни.

Одним із найбільших підприємств чорної металургії України є ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Це сучасний гірничо-металургійний комбінат повного циклу, який здійснює видобуток та збагачення залізної руди, виробництво коксу, агломерату, чавуну, сталі та прокату. Підприємство має важливе значення для економіки України та є одним із найбільших виробників металопродукції в Європі.

Особливе місце у структурі підприємства займає доменне виробництво, основним призначенням якого є виплавка чавуну. Одним із ключових агрегатів доменного цеху є доменна піч №9. Вона належить до найбільших доменних печей підприємства та забезпечує виробництво значних обсягів чавуну для подальшого

сталеплавильного процесу. Доменна піч №9 являє собою складний металургійний агрегат безперервної дії, у якому здійснюються процеси відновлення заліза з руди, плавлення шихтових матеріалів та отримання рідкого чавуну.

Робота доменної печі №9 пов'язана з використанням великої кількості допоміжних систем та обладнання: систем подачі шихти, повітронагрівачів, газоочистки, охолодження, автоматизації та контролю технологічних параметрів. Особливе значення має система очищення доменного газу, оскільки під час роботи печі утворюється значна кількість пилу та шкідливих викидів. Для очищення газів на підприємстві застосовуються електрофільтри, обладнані механізмами струшування електродів, які забезпечують ефективне видалення пилу з осаджувальних поверхонь.

Актуальність теми полягає у необхідності дослідження сучасного стану чорної металургії України та особливостей роботи основних металургійних агрегатів, зокрема доменної печі №9 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Важливим є також вивчення систем автоматизації та очищення газів, які забезпечують стабільну, безпечну та екологічно ефективну роботу металургійного виробництва.

1 ОБЛАДНАННЯ ДОМЕННОГО ЦЕХУ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА

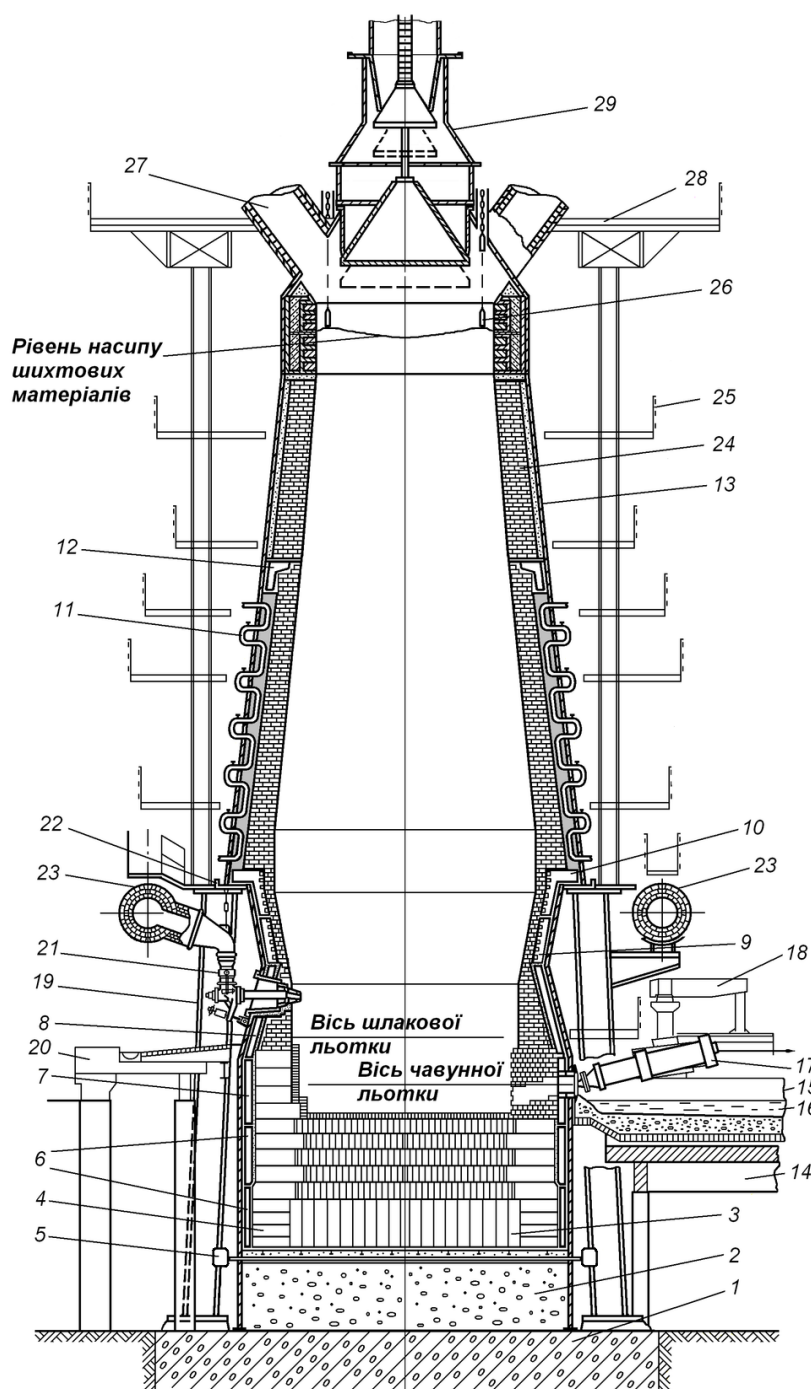
1.1 Конструкція доменної печі

Агрегатом для здійснення доменного процесу служить піч шахтного типу – доменна піч (рис.1.1). Зверху в неї безперервно поступають шихтові матеріали – агломерат (окатиші), кокс і флюси, а знизу назустріч ним через фурми подають нагріте повітря і рідке або газоподібне паливо. Отримані від спалювання палива гази проходять через стовп шихти і віддають їй свою хімічну теплову енергію. Рудна шихта, що опускається, нагрівається, відновлюється і плавиться.

Основні частини доменної печі: колошник, який служить для прийому завантажувальної зверху шихти; шахта, циліндрова частина печі, що розширюється донизу; разпар – короткий циліндр для створення плавного переходу від шахти, що розширюється, до заплечиків, що звужуються; заплечики, що мають вид усіченого конуса і що не дозволяють шихті, що розплавляється, швидко опускатися в горн; горн – циліндрова частина печі, у верхню частину якої подають дуття (тут згорає кокс), а в нижній частині скупчуються рідкий чавун і шлак і розташовані чавунні і шлакові льотки.

Доменну піч встановлюють на бетонний фундамент, на якому роблять кладку з вогнетривкої цеглини. Вогнетривке днище доменної печі називається лещадью, її товщина досягає 5,5 м. Внутрішній контур печі по вертикальному перетину називають профілем. У горизонтальному перетині піч кругла. Верхня циліндрова частина профілю називається колошником і призначена для завантаження матеріалів.

Колошниковий пристрій є багатоповерховою металевою конструкцією, службовою для підтримки комплексу механізмів, призначених для завантаження шихти в доменну піч, відведення газів і монтажних робіт.



1 — Фундамент печі, 2 — Лещадь, 3 — Горн, 4 — Вогнетривка футеровка горна, 5 — Холодильники горна, 6 — Вуглецеві блоки лещаді, 7 — Ливарний двір, 8 — Чавунна лъотка, 9 — Запличики, 10 — Холодильники запличиків, 11 — Холодильники шахти, 12 — Футеровка шахти, 13 — Кожух печі, 14 — Фундамент повітрянагрівача або допоміжних конструкцій, 15 — Шлаковий жолоб, 16 — Шлак, 17 — Шлакова лъотка, 18 — Механізм обслуговування лъотки, 19 — Фурмовий прилад, 20 — Машина для закривання лъотки, 21 — Фурма, 22 —

Повітропровід гарячого дуття, 23 — Кільцевий повітропровід, 24 — Шахта печі, 25 — Майданчики обслуговування, 26 — Колошник, 27 — Газовідвід, 28 — Завантажувальний майданчик, 29 — Засипний апарат.

Рис.1.1 – Розріз доменної печі

Основною частиною пристрою є засипний апарат, який кріпиться на опорному кільці, розташованому у верхній частині колошника. Він є конусним засипним пристроєм з розподільниками шихти, що обертаються і призначений для формування поверхні засипних шихтових матеріалів і виведення колошникових газів.

До колошника примикає шахта, що розширюється. Конусна форма цього елемента вибрана для забезпечення рівного сходу матеріалів, об'єм яких при нагріві додатково збільшується.

Шахта викладається з високощільних високоглиноземистих блоків або з щільної шамотного цеглини із змістом глинозему не менше 42%. Він містить 30-40% Al_2O_3 і не більше 1,6% Fe_2O_3 . Кладка ведеться на пластифікованому шамотно-глиноземистому розчині з рідким склом або на шамотно-глиноземистому розчині з рідким склом. Кладка товстостінної частини шахти ведеться концентричними кільцями з горизонтальним укладанням цеглини.

До нижньої частини шахти примикає найширша циліндрова частина, яка називається розпаром. Тут починається плавлення шихтових матеріалів, тому заплечики, що примикають до розпару, виконані з урахуванням зменшення об'єму шихтових матеріалів за рахунок плавлення залізорудної частини і газифікації коксу. Розташовані нижче розпару заплечики мають форму усіченого конуса з меншою підставою внизу.

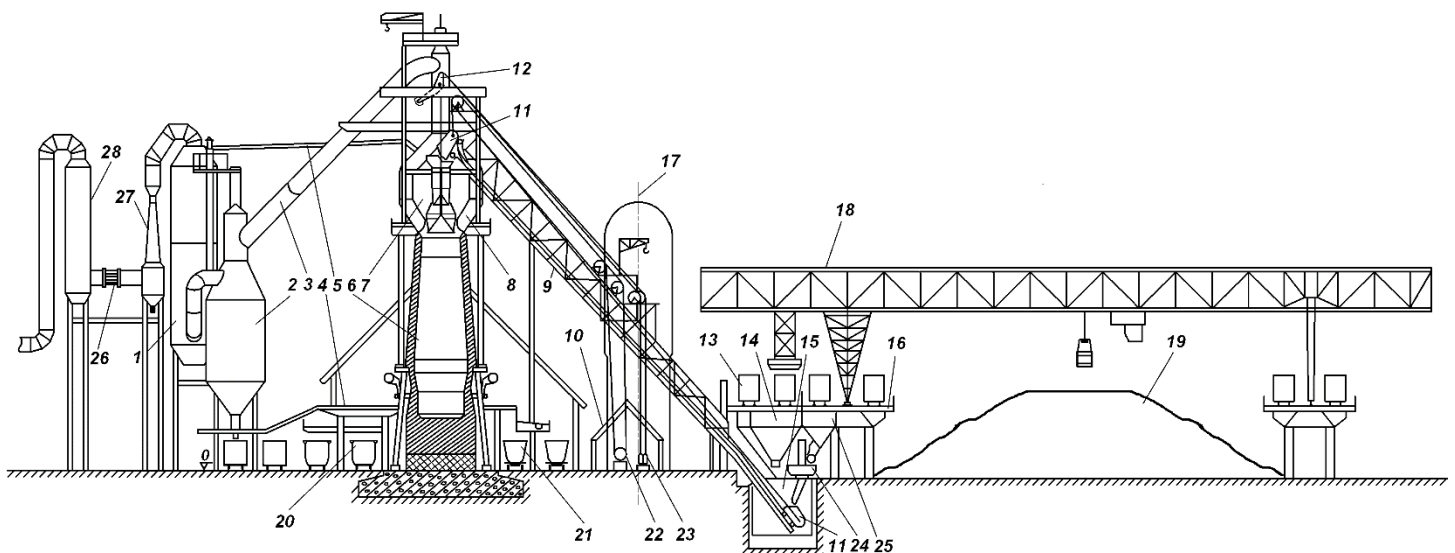
Заплечики, а іноді і розпар найчастіше роблять тонкостінним з полуторної цеглини і охолоджують ребристими холодильниками із залитою цеглиною. Нижньою частиною профілю є циліндровий горн, в якому відбувається горіння коксу і збираються рідкі продукти плавки. Нижня частина горну служить для

накопичення чавуну і шлаку. У цій частині розташовані чавунна і шлакова льотки. Високі температури рідких продуктів плавки ($>1500^{\circ}\text{C}$) і висока хімічна активність шлаку вимагають відповідного підходу до виконання конструкції горну. Температура кладки стін горну під час експлуатації змінюється. На її коливання впливають характер газового потоку (периферійний, центральний або каналний хід газів), випуск великої маси перегрітих продуктів плавки, нерівний схід шихти, зупинки печі на поточні і капітальні ремонти. Зміна температури сприяє тепловим стисненням – розширенням футерівки.

Порушення цілісності не допустимі, оскільки можливі прориви чавуну і шлаку, через не щільність, що утворилася. У верхній частині печі розташовуються газовідводи і засипний апарат, при допомозі якого шихтові матеріали розташовуються по поперечному перетину колошника.

1.2 Пристрій доменного цеху

Для доменного цеху характерно розташування доменних печей у лінію й наявність роздільних потоків збирання чавуну й шлаків, причому потік збирання чавуну розташований з однієї сторони від лінії печей, а потік збирання шлаків – з іншої. План доменного цеху показаний на рис. 1.2.



1 — Газоочистка, 2 — Пилоловлювач, 3 — Газопровід, 4 — Похилий міст, 5 — Опори мосту, 6 — Доменна піч, 7 — Кожух печі, 8 — Колошниковий

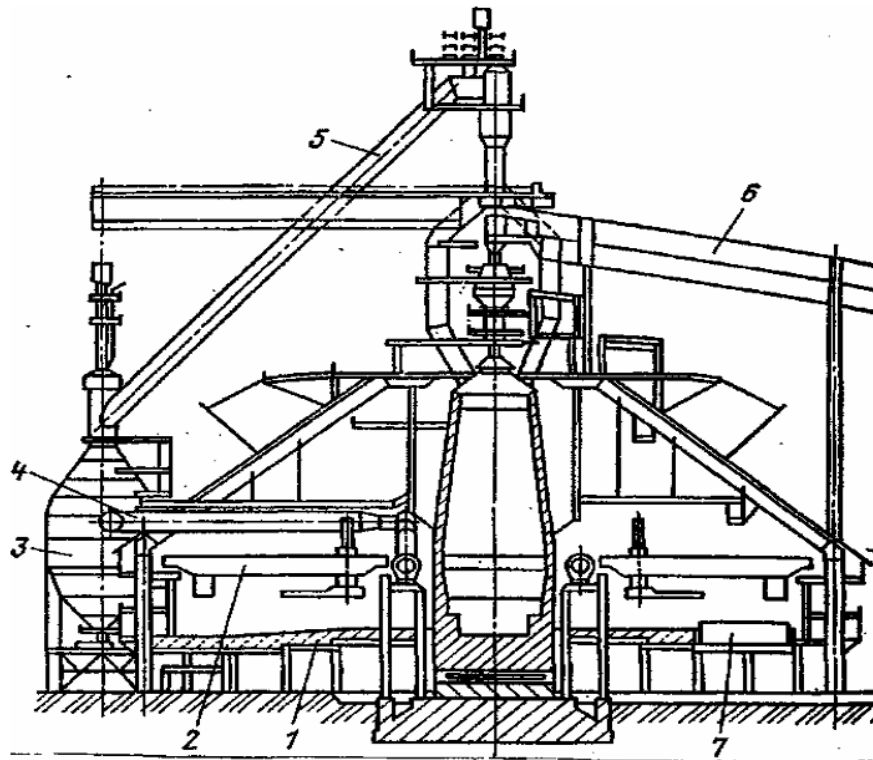
майданчик, 9 — Скіповий підйомник, 10 — Скіпова яма, 11 — Засипний апарат, 12 — Газовідвід, 13 — Бункери коксу, 14 — Бункери руди, 15 — Ваговий дозатор, 16 — Бункерна естакада, 17 — Скіпова лебідка, 18 — Рудний перевантажувальний міст, 19 — Рудний двір, 20 — Чавуновозні ковші, 21 — Ливарний двір, 22 — Колія скіпів, 23 — Привід підйомника, 24 — Живильник шихти, 25 — Конвеєр, 26 — Газодувка, 27 — Скрубер, 28 — Димова труба

Рис.1.2 – План доменного цеху.

1.3 Пристрій ливарного двору

Ливарний двір являє собою будинок, що споруджується внизу доменної печі, з робочою площадкою, розташованою трохи нижче чавунних льоток і призначеною для розміщення жолобів, по яких рідкий чавун з льоток надходить у ковші чавуновозів, а шлаки – у ковші шлаковозів або до установок припічної грануляції. Робоча площадка розташована на висоті, що дозволяє розмістити нижче її хитні жолоби й під ними чавуновози й шлаковози, які переміщуються по шляхам на нульовому рівні. На площадці ливарного двору розташовують також механізми для розкриття й закладення чавунних льоток, зміни фурм, обслуговування жолобів; пульти керування механізмами; засіку для піску, глини, вогнетривких мас.

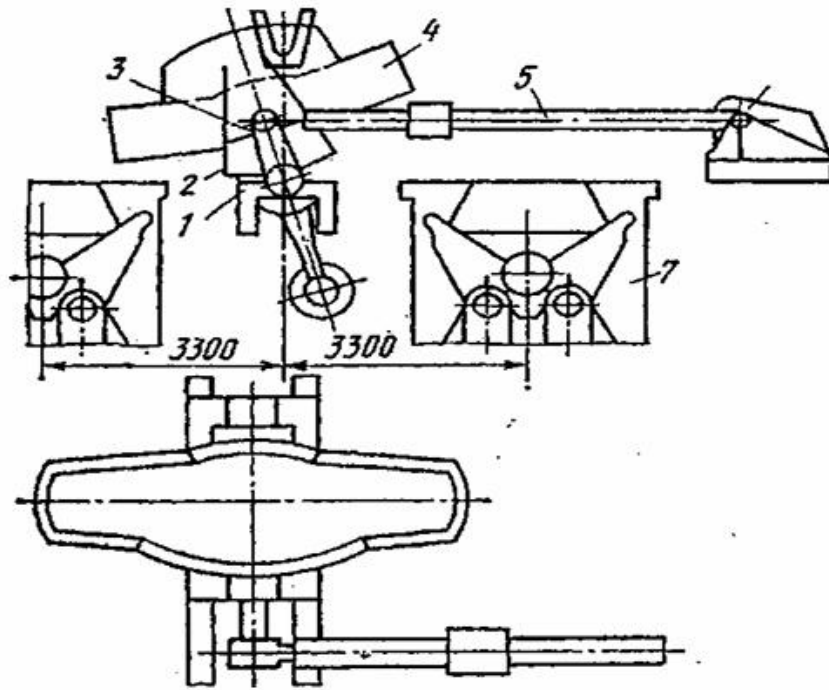
Будинок ливарного двору (рис. 1.3) являє собою в плані правильний багатокутник з кільцевим ліхтарем на даху; на металоконструкції цього будинку опирається колошниковий пристрій печі. У будинках ливарних дворів установлюють мостові крани вантажопідйомністю 20/5 і 30/5 т зі знімними електромагнітами й грейферами.



1 – робоча площадка; 2 – кільцевий мостовий кран; 3 – пиловловлювач; 4 – газопровід гарячого дуття; 5 – похилий газовідвід; 6 – колошниковий підйом; 7 – проріз у робочій площадці

Рис. 1.3 – Поперечний розріз круглого ливарного двору

Ливарний двір обладнаний хитними жолобами (рис. 1.5), які розміщують перпендикулярно чавуновозним шляхам. Він має два зливальних носки й механізм, що забезпечує його нахил убік одного або іншого чавуновозного шляху. Чавун по зливальному носку стаціонарного жолоба надходить на хитний жолоб, змінюючи нахил якого направляють струмінь чавуну в ковші, встановлені або на одному, або на іншому суміжних шляхах.



1 – опорна станина; 2 – колиска; 3 – важіль; 4 – жолоб; 5 – кривошипно-шатунна передача; 6 – привід; 7 – чавуновозний ківш

Рис. 1.4 – Хитний жолоб

Під час заповнення ковша, що стоїть на одному із шляхів, чавуновозний склад, що стоїть на іншому шляху, переміщують штовхальником або лебідкою, подаючи під хитний жолоб наступний порожній ківш.

1.4 Системи шихтоподачі

Основними складовими шихти сучасних доменних печей є агломерат, окатиші й кокс; завантажують також деяку кількість добавок (головним чином, це залізна й марганцева руда й флюси). Для забезпечення роботи доменної печі потрібна безперебійна подача цих матеріалів до завантажувального пристрою на висоту 60-80 м порціями з певним темпом і в певній послідовності. Системи шихтоподачі, що повинна забезпечити прийом, транспортування, зберігання, набір, зважування й подачу матеріалів на колошник до завантажувального пристрою. У системі шихтоподачі можна виділити три ділянки або ланки: подача матеріалів

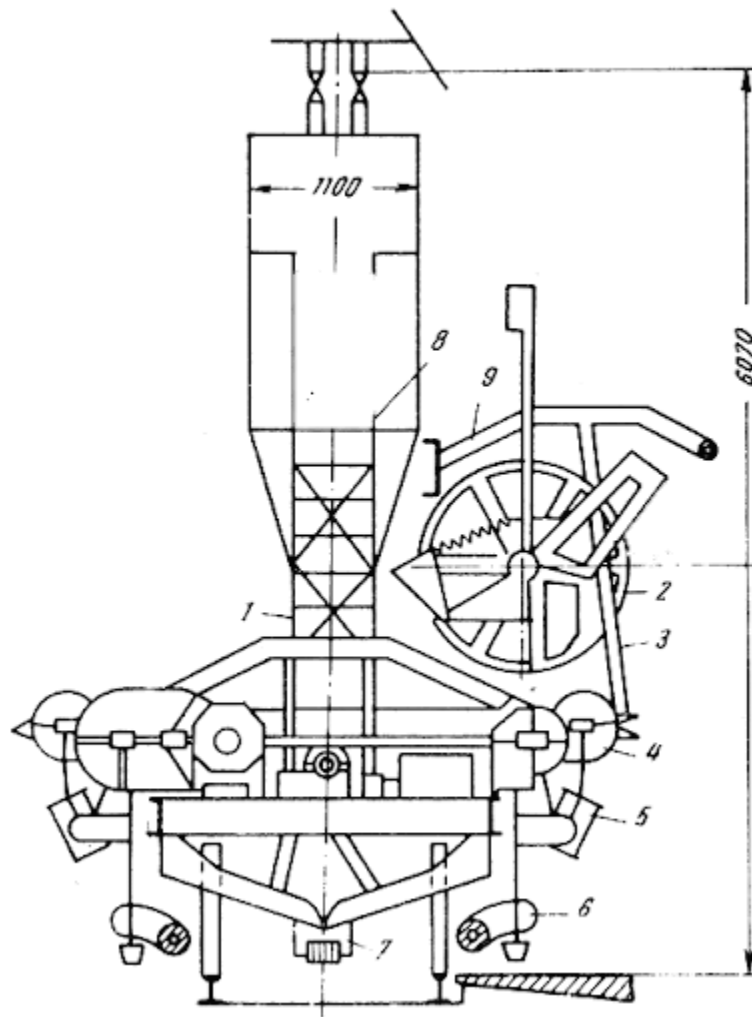
з фабрик окускування, коксохімічного заводу (цеху) і із зовнішньої залізничної мережі на бункерну естакаду; подача матеріалів з бункерів естакади до колошникового підйому; колошниковий підйом.

Рудний двір у доменних цехах призначений для приймання сировинних матеріалів, зберігання необхідного їхнього запасу, усереднення, наступної подачі їх на бункерну естакаду й потім у піч. Зараз більшість доменних печей працює на окускованій сировині й з рудного двору в печі надходить незначна кількість матеріалів, а рудні двори використовують як склади сировини для фабрик окускування.

Рудний двір являє собою розташовану уздовж лінії доменних печей площадку, обмежену з однієї сторони бункерною естакою, а з іншого боку – прийомною траншеєю. Матеріали зберігаються в штабелях, їхня ємність і площа двору розраховують на забезпечення роботи цеху протягом 1,5-2 місяця. Бетонувана прийомна траншея служить для розвантаження поступаючих матеріалів; уздовж її прокладена залізнична колія для вагонів, що прибувають, і по ширококоліїному рейковому шляху переміщається баштовий вагоноперекидач.

Вся площа рудного двору обслуговується грейферним краном перевантажувачем, що пересувається уздовж двору над штабелями. Для подачі матеріалів до печей порцію потрібного матеріалу захоплюють грейфером зі штабеля й подають у перевантажувальний вагон, що переміщається по рейках бункерної естакади і розвантажує матеріал у бункер.

Бункерна естакада призначена для зберігання біля печі необхідного оперативного запасу матеріалів, їхнього приймання, а також механізації набору й передачі матеріалів до колошникового підйому. Бункерна естакада являє собою витягнуте уздовж цеху й фронту печей, що піднімається на 9-12 м над рівнем заводської підлоги залізобетонне спорудження, що складається з ряду окремих бункерів і їхнього устаткування. Розташовують естакаду поблизу печей з боку скіпових підйомників. Загальний вид і розташування подібної естакади, обладнаної вагон-вагами, можна бачити на рис. 1.2, поперечний розріз показаний на рис. 1.5.



1 — Рама вагон-ваг, 2 — Храпове колесо, 3 — Привідний механізм, 4 — Ходові колеса, 5 — Електродвигун приводу, 6 — Рейковий шлях, 7 — Випускний затвор бункера, 8 — Бункер для шихти, 9 — Ручний привід або важіль керування

Рис. 1.5 – Бункерна естакада з вагон-вагами

Коксових бункерів звичайно два, а іноді чотири; їхні загальні ємності приймають із розрахунку 0,7 м³ на 1 м³ корисного обсягу печі (запас приблизно на 6 год. роботи). Обсяг бункерів для рудних матеріалів при їхній подачі залізничним транспортом приймають із розрахунку 2,5 м³ на 1 м³ корисного обсягу печі (запас на 20-24 год. роботи). При конвеєрній подачі із близько розташованих фабрик окусування норма запасу зменшується.

Основними елементами скіпового підйомника (рис. 1.6) є: похилий міст 5, два, що переміщаються по мосту скіпа 3, скіпова лебідка 1 і система канатів 4 і блоків для підвіски й переміщення скіпів. Похилий міст являє собою зварену просторову металоконструкцію, усередині якої прокладені два рейкових шляхи 7, по яких рухаються скіпи. Кут нахилу мосту до обрію становить $47-54^\circ$, а на ділянці скіпової ями 6 досягає 60° . Похилий міст має дві опори - фундамент у скіпової ями й колону 2 (пілон), що опирається на фундамент доменної печі. Обсяг скіпа досягає 20 м³. Переміщення скіпів забезпечує скіпова лебідка 1, розташована в машинному залі під похилим мостом. Вантажопідйомність скіпових лебідок зростає приросту обсягу печі й скіпа й для печей обсягом 1033-3200 м³ становить 15-39 т. Скіпи з'єднують канатами з барабаном скіпової лебідки в такий спосіб, що забезпечується зрівноважування скіпів; при русі навантаженого матеріалами скіпа нагору порожній скіп опускається вниз, у скіпову яму.

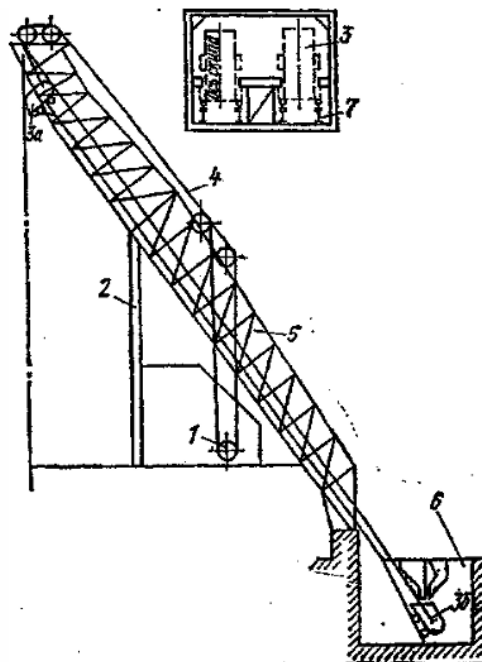


Рис. 1.6 – Схема скіпового підйомника

Завантаження матеріалів у скіп 3б відбувається в скіповій ямі 6, розвантаження - на колошнику в прийомну лійку засипного апарата шляхом перекидання (нахилу) скіпа 3а. Час підйому (опускання) скіпа звичайно становить 35-45 с., швидкість руху по мосту досягає 3-4 м/с. Систему подачі матеріалів до скіпового підйомника застосовують з використанням вагон-ваг й стрічкових конвеєрів. Вагон-ваги представляють собою самохідний електровагон вантажопідйомністю 30 або 40 т. Із двома бункерами (кишеннями), що мають днища із створами, які відкривають пневмоприводом.

1.5 Ділянки збирання чавуну та шлаку

Для прийому чавуну від печей і його транспортування у міксерне відділення сталеплавильного цеху або на розливальні машини доменного цеху застосовують відкриті чавуновози із грушоподібним ковшем, який являє собою платформу, на яку установлюють ківш. По шлаковим жолобам ливарного двору більшу частину шлаків за допомогою шлаковозів транспортують на грануляційні установки й незначну частину на установки для одержання шлакових щебенів або пемзи й на шлакові відвали. Гранульовані шлаки служать для виробництва цементу, шлакоблоків і ін. Установки припічної грануляції розташовані поруч із ливарним двором, для яких характерне розміщення грануляторів у закритому кожусі, що запобігає виділенню в атмосферу водяного пару і сірчистих газів, що утрудняють роботу персоналу печі й викликають узимку зледеніння устаткування. Під жолобом розташований гранулятор, що подає струменя води під тиском, які роздрібнюють стікаючий з жолоба шлак на гранули. Суміш води, пари й гранул надходить у збірний бункер, а ґрати на бункері запобігають влученню в нього великих предметів. Пара й гази надходять у скруббер і викидаються в атмосферу через трубу. У скруббер через форсунки подають вапновану воду, що поглинає з пари й газів сірчисті з'єднання. З нижньої частини бункера шлаководяну пульпу подають за допомогою ерліфта у сепаратор, а з нього вона зливається в обезводнювач карусельного типу. Обезводнювач розділений на окремі секції, що мають ґратчасті днища, що відкидаються. Через ґрати вода за час обертання

обезводювача стікає у водозбірник, звідки надходить у бункер. Днища секцій відкриваються над бункером і гранули висипають у нього, де додатково підсушуються подаваним знизу повітрям. З бункера гранули попадають на конвеєр і далі на склад. Стікаюча з бункера прояснена вода насосом повторно подається в гранулятор. Кожна лінія установки розрахована на прийом усього шлаку, що надходить під час випуску (до 10 т/хв). Основні переваги цих установок у порівнянні з віддаленими від доменних печей: помітно знижуються капітальні витрати й експлуатаційні витрати насамперед за рахунок скорочення парку шлаковозів і транспортних засобів; більш повно використовуються шлаки, оскільки під час перевезення в ковшах від 15 до 30 % шлаків губиться у вигляді корок на поверхні й настилів на стінках ковшів; зменшується чисельність персоналу, що обслуговує; робота установки піддається автоматизації.

1.6 Характеристика пилогазових викидів

Кожна ділянка виробництва чавуну є джерелом викидів шкідливих речовин в атмосферу. Але основним джерелом є доменна піч. Пил і газоподібні викиди з доменної печі утворюються в результаті складних фізичних і хімічних процесів. Всі викиди можна розділити на організованих і неорганізованих. До організованих викидів відноситься колошниковий газ, до неорганізованих викидів відносяться пилогазові викиди, що відходять від скіпової ями, колошника доменної печі, льоток, жолобів зливу чавуну і шлаку, що коливаються. До технологічних відносяться доменний (колошниковий) газ, який утворюється в результаті доменного процесу. Це низькокалорійний газ, що містить 30-35% палимим складових (C , H_2 , CH_4 , CH_1) і баласт – азот і діоксид вуглецю. Частка доменного газу в паливному балансі підприємства складає 30%. Вихід доменного газу, в основному залежить від складу початкової сировини, температури і тиску повітряного дуття, ступеня збагачення дуття киснем, витрати природного газу, розподілу матеріалів в печі, міцності коксу і агломерату, розвитку прямого відновлення. Склад доменного газу коливається в широких межах. Зразковий склад

його наступний: 10 – 18% CO₂; 24 – 32 %CO; 0,2 – 0,5% CH₄; 1,0 – 2,0% H₂ і 55 – 59% N₂. Теплота згорання складає 3500 – 4000 кДж/м³. В процесі доменної плавки виходить велика кількість колошникового газу. Проходячи через стовп шихт з невеликою швидкістю, газ охоплює дрібні частинки, залізовмісних матеріалів, так званий колошниковий пил. Вміст пилу в колошниковому газі коливається в широких межах – від 10 до 100 г/м³. Його очищують в газоочисних пристроях і потім використовують як паливо. У колошниковому газі містяться шкідливі речовини – пил, оксид вуглецю і незначна кількість сірчистих газів. До технологічних викидів умовно відносяться гази, що прориваються з печі в атмосферу через завантажувальний пристрій. Вихід колошникового газу при доменній плавці залежить від ряду технологічних чинників: складу і початкової сировини – агломерату і коксу, температури і тиск повітряного дуття, збагачення дуття киснем, застосування природного газу, розподіл матеріалів в печі, міцності коксу і агломерату, розвиток процесів прямого відновлення. Викиди пилу з колошниковим газом. З колошниковим газом з доменної печі виноситься велика кількість колошникового пилу. Величина викидів пилу залежить від фракційного складу шихтових матеріалів, хімічного і мінералогічного складу сировини, витрати і тиску дуття, температури під колошником, способу завантаження шихти в пекти. Викиди оксиду вуглецю – вміст оксиду вуглецю в колошниковому газі залежить від складу дуття, витрати і складу вдувного відновного газу, витрати коксу, флюсу, розвитку прямого відновлення в доменній печі. Газ міжконусного простору викидається через вихлопну трубу після підняття великого конуса і відкриття малого. При основному режимі засипного апарату тиск в міжконусному просторі в період між опусканнями великого конуса близько до атмосферного, тому при опусканнях малого конуса тільки частина що знаходиться в міжконусному просторі газ витісняється в атмосферу. Ця частина приблизно дорівнює об'єму матеріалів завантажуваних у великий конус протягом циклу. Викиди сірки – сірка поступає в доменну піч разом із завантажуваними матеріалами. Сіра – шкідливий елемент, що знижує якість металу. Додає красноміцність сталі при

плющенні, і погіршує текучість ливарних чавунів. У руді і флюсі вона міститься у вигляді піриту. Частина сірки (до 0,35 г на 1 т чавуну) викидається у вигляді сірчистих газів в атмосферу з міжконусного простору. Остання частина – йде з газами в систему газоочистки до споживачів газу, де при його спалюванні вся сірка з димовими газами викидається в атмосферу. Крім того, частина сірки переходить в шлак і чавун. У шлаку – на горизонті фурм до шлаку приєднується зола згорілого коксу. Сірка переходить в шлак, поступово вступаючи у взаємодію з окислом кальцію і частково з окислом магнію. Остаточний її зміст встановлюється в горні при контакті чавуну з шлаком. У чавуні – може розчинитися до 0,9% S, тоді як в сталі і ливарному чавуні її не повинно бути більше сотих доль відсотка. Сірку легко видалити з руд і чавуну, чим із сталі. Особливу увагу приділяють видаленню сіри при підготовці рудий і в доменному виробництві. Значна кількість сірки окислюється при вогняній обробці рудий (агломерація). Основна маса сірки вноситься до доменної пекти коксом. Рудний двір і бункерна естакада. При розвантаженні вагонів, перевантаженню руді грейферами, подачі руді на бункерну естакаду, і на інших об'єктах утворюється пил. Питоме виділення пилу на рудному дворі складає 50 г/т чавуну. Такі великі виділення пилу пов'язані з вологістю шихти, рівнем механізації і іншими причинами. Пил в підбункерному приміщенні виділяється при роботі вагон-вагів, грохотів, лебідок, а також при транспортерній подачі матеріалів. Пил вибивається також через вікна і отвори для скіпів, труб аспіраційних систем. Питомі виділення пилу в підбункерному приміщенні, обладнаному вагон вагами, складає в середньому 0,8-1,2 кг/т чавуну. Концентрація пилу при роботі вагон-вагами досягає 10 г/м³. Вміст двоокису кремнію в пилі доходить до 7%. Ливарний двір доменної печі є джерелом неорганізованого пилоутворення доменного виробництва. Запилені газу на ливарному дворі виділяються, в основному, у чавунних і шлакових льоток, жолобів зливу чавуну і шлаку, чавуновозних і шлаковозних ковшів. Крім того, доменний газ в невеликих кількостях виділяється через нещільність в з'єднаннях комунікацій охолоджуючої арматури печі, у фурмених приладів. Максимальна кількість

пилу і газів виділяється під час випусків чавуну і шлаку. Пил і гази віддаляються через ліхтарі ливарного двору. Загальне виділення пилу з поверхні жолобів і ковшів складає 400-700 г/т чавуну, зокрема 160 г/т чавуну віддаляється через ліхтарі ливарного двору. Середня концентрація пилу в період випуску складає 150-1500 мг/м³. Максимальні концентрації спостерігаються над головним жолобом і ковшом для чавуну. Щільність пилу $\rho = 2000$ кг/м³, усереднена концентрація пилу, що виділяється на ливарному дворі, - 4г/м³, медіанний діаметр частинок пилу $d_m = 4$ мкм, пористість пилу $\epsilon = 0,77$. Вміст двоокису кремнію в пилі при випуску чавуну складає 0,8-1,2 %, а вміст окислу вуглецю на робочих місцях складає 125-250 мг/м³. При випуску гарячого шлаку з домни сірка реагує з киснем повітря з утворенням сірчистого газу. Сірчистий газ виділяється від шлакових льоток, жолобів і шлакоотводів в кількості 120-170 г/т чавуну. На ливарному дворі має місце виділення оксиду вуглецю в кількості рівному відповідно 93,7 мг/м³. Динамічна в'язкість газу за нормальних умов $\mu = 17,3 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

1.7 Аналіз схем очищення газів в доменному виробництві

У доменній печі утворюється 2000-2500 м³ колошникового газу на 1 т чавуну, що виплавляється. Цей газ використовують як паливо у повітронагрівачах доменних печей, мартенівських і коксових печах, в запальних горнах агломераційних ліній, в печах для нагріву металу і в топках казанів паросилових установок. Аби запобігти засміченню і зносу установок, що використовують доменний газ, вміст пилу в газі не повинен перевищувати 10 мг/м³. Для очищення доменного газу застосовують сухі і мокрі способи очищення, на основі яких розроблені газоочисні пристрої різних типів. Вибір методу очищення газу, його технологічної схеми і типа газоочисних апаратів для досягнення максимальної ефективності пиловловлювання при мінімальних, капітальних і експлуатаційних витратах залежать від умов роботи доменної печі, властивостей пилу і величини винесення, вимоги споживачів до якості очищення газу. Як правило, для очищення доменного газу до необхідної глибини застосовують багатоступінчасте

очищення, яке передбачає його знепилення не менше, чим в трьох-чотирьох послідовно включених апаратах. Доменний газ послідовно піддається трьом стадіям очищення: грубою, напівтонкою і тонкою. Грубе очищення газу передбачає відділення найбільш крупних часток, розміром більше 0,1 мм. Її, як правило, завжди здійснюють в сухих радіальних пиловловлювачах. Напівтонке очищення газу дозволяє осадити частки пилу розміром до 0,02мм і очистити газ до вмісту пилу в нім 0,6-1,6 г/м³. Тонке очищення доменного газу дозволяє очистити газ до вмісту пилу в нім 10 мг/м³.

2 ЕЛЕКТРОФІЛЬТ

Електростатичний фільтр (ЕФФ) – це обладнання, яке використовується для вловлювання частинок пилу, що утворюються або вивільняються в результаті різних промислових процесів. Мета ЕФФ полягає в тому, щоб запобігти викиду цих частинок в атмосферу, де вони можуть спричинити забруднення. ЕФФ встановлюються на багатьох типах промислових підприємств, але найлегше їх ідентифікувати на теплових електростанціях, де вони встановлюються як частина системи очищення димових газів.

2.1 Використання електрофільтру

Газ, який виконав свою роботу і вийшов через колошник печі (доменний або колошниковий газ), містить велику кількість пилу та небезпечного чадного газу. Його не викидають в атмосферу.

1. Грубе очищення: Газ потрапляє у сухий пиловловлювач (циклон), де під дією сили інерції об стінки вдаряються і випадають великі шматки рудного пилу та коксу.
2. Тонке «мокре» очищення: Газ проходить крізь скрубери та труби Вентурі, де промивається дрібнодисперсною водою. Вода зв'язує мікроскопічний пил.
3. Енергетична утилізація: Очищений і охолоджений горючий газ під високим тиском направляється на ГУБТ (Газову утилізаційну безкомпресорну турбіну). Газ обертає лопаті турбіни, генеруючи «безкоштовну» електроенергію для потреб заводу. Після цього газ спалюється як паливо в кауперах для нагріву повітря або на заводській ТЕЦ.

У загальній схемі доменного виробництва, яку ми розібрали, електрофільтри використовуються на Етапі Підготовки та дозування сировини та на Етапі Випуску чавуну та шлаку.

Вони працюють паралельно з основним процесом плавлення і виконують роль екологічного захисту та аспірації робочих зон, уловлюючи сухий пил там, де сировина або гарячий метал контактують із повітрям. Ось де саме вони задіяні в подробицях:

1. На Етапі 1: Очищення підбункерної естакади та системи шихтоподачі

Коли тисячі тонн сухих матеріалів (агломерат, окатки, кокс) скидаються з вагонів, пересипаються з бункера в бункер, зважуються на вагових воронках та висипаються на головний конвеєр, у повітря здіймаються хмари важкого мінерального та коксового пилу.

- Де стоїть фільтр: Потужні витяжні парасолі (аспіраційні укриття) встановлені над кожним вузлом пересипки та під кожним бункером.
- Процес: Вентилятори затягують це запилене повітря у блоки електрофільтрів. Залізорудний та коксовий пил осідає на пластинах, обтрушується молотками в бункери фільтра і конвеєрами відправляється назад на фабрику (це повертає цінну залізовмісну сировину в оборот).

2. На Етапі 7: Очищення ливарного двору (Під час випуску чавуну)

Це найважливіша та найважча зона роботи електрофільтрів на ДП-9. Коли розплавлений чавун і шлак із температурою під 1450°C течуть відкритими головними та транспортними жолобами ливарного двору, відбувається їхній бурхливий контакт із киснем повітря.

- Джерело бруду: Виділяється величезна кількість так званого графітового спеку (дрібні блискучі лусочки вуглецю), оксидів заліза (рудий дим) та сірчистих сполук.
- Де стоїть фільтр: Усі жолоби, скімерні пристрої та місця зливу чавуну в ковші-міксери на ДП-9 закриті спеціальними масивними залізобетонними

або сталевими кришками-крилами. Під ці крила підведено потужні аспіраційні канали.

- Процес: Гарячий брудний газ із ливарного двору висмоктується, проходить етап попереднього охолодження (щоб не спалити обладнання) і подається на електрофільтри (або сучасні рукавні фільтри, які їх частково замінили), де повністю очищується від дрібнодисперсного металургійного диму перед викидом у димову трубу.

Об'єктом автоматизації є система струшування електродів електрофільтру аспірації доменної печі №9 ПАТ «АМКР». У процесі експлуатації електрофільтра аспіраційної установки доменного виробництва відбувається накопичення пилу на осаджувальних електродах. Це призводить до зниження ефективності очищення газів та може викликати порушення технологічного режиму.

На зображенні нижче (рис 2.1.) показано розташування електрофільтраційного фільтра (ЕФФ) у системі димових газів вугільної електростанції. Ще одним важливим компонентом, що використовується для очищення димових газів, є десульфуратор димових газів (ДГ), який також називають «скрубберною вежею».

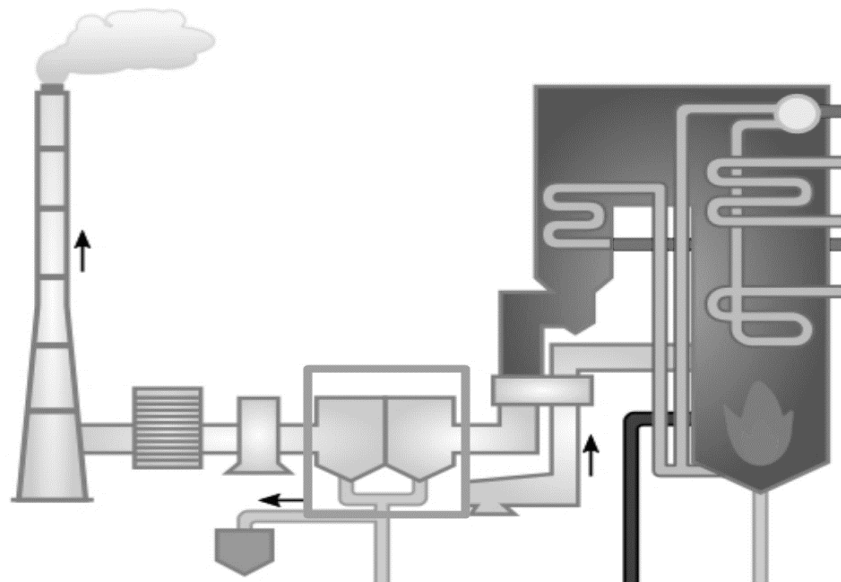


Рис. 2.1. Ілюстрація системи димових газів з виділенням ESP

2.2 Завдання ситеми

Розробка мікропроцесорної системи управління, яка забезпечить оптимальну очистку електродів від пилу для підтримки максимального ККД електрофільтра при мінімальних енерговитратах та механічному зносі обладнання.

Для досягнення мети система повинна вирішувати наступні завдання:

- Реалізація алгоритмів струшування: Забезпечення циклічного вмикання мотор-редукторів механізмів струшування з можливістю гнучкого налаштування пауз та тривалості роботи.
- Селективність: Почергове очищення полів електрофільтра для запобігання «залповим» викидам пилу в димову трубу.
- Надійність: Безперервний моніторинг стану двигунів (захист від перевантаження, обриву фаз, заклинювання механізму).
- Інтеграція: Можливість передачі даних про стан системи на верхній рівень управління (SCADA-система цеху) через промислові протоколи зв'язку (наприклад, Profinet або Modbus TCP).
- Інтерфейс користувача: Створення зручного пульта або панелі оператора для візуалізації роботи та оперативного коригування параметрів.

Технічні обмеження та умови:

- Система повинна працювати в умовах високої запиленості, вібрацій та електромагнітних завад, характерних для доменного виробництва.
- Апаратна частина повинна базуватися на сучасних програмованих логічних контролерах (ПЛК).
- Алгоритм має враховувати вольт-амперні характеристики агрегатів живлення: при накопиченні шару пилу на електродах змінюються параметри струму/напруги, що має бути сигналом для позачергового або інтенсивнішого струшування.

В результаті проектування має бути отримана система, що дозволяє:

1. Зменшити середню концентрацію пилу на виході з фільтра.
2. Зменшити споживання електроенергії механізмами струшування на 10-15%.
3. Забезпечити безаварійну роботу обладнання за рахунок впровадження інтелектуальних діагностичних алгоритмів.

Електрофільтр є складним газоочисним агрегатом, призначеним для вловлювання дрібнодисперсного пилу з аспіраційного повітря доменної печі №9. Процес очищення базується на принципі іонізації частинок пилу в електричному полі високої напруги (від 40 до 80 кВ).

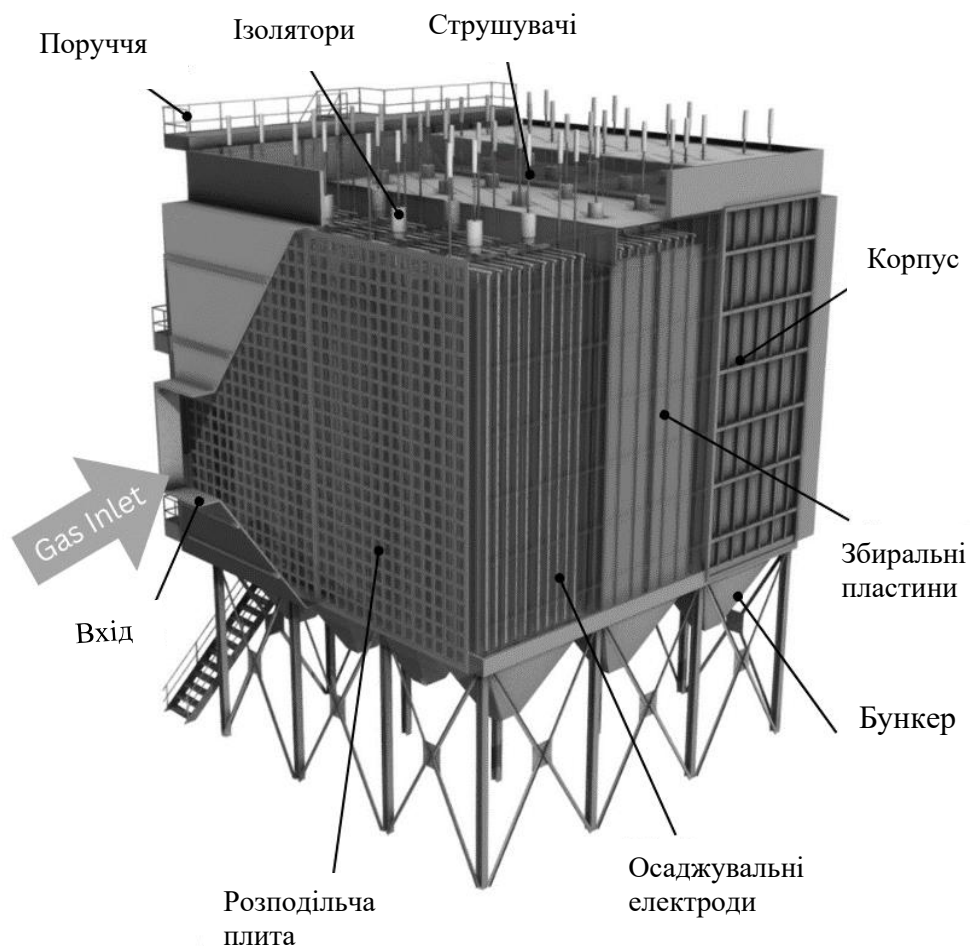


Рис.2.2. Зображення електрофільтра для вловлювання дрібнодисперсного пилу з аспіраційного повітря доменної печі

2.3 Технологічний цикл

Технологічний цикл складається з наступних етапів:

1. Іонізація: Запилений газ проходить через систему коронуючих електродів, навколо яких виникає коронний розряд, що заряджає частинки пилу.
2. Осадження: Під дією сил електричного поля заряджені частинки рухаються до осаджувальних електродів, що мають протилежний заряд, і закріплюються на їхній поверхні.
3. Очищення електродів (Струшування): У міру накопичення шару пилу ефективність осадження падає. Для видалення пилу використовуються механізми струшування, які завдають ударів по рамах електродів, скидаючи пил у бункери.

Механізм струшування зазвичай складається з електродвигуна, редуктора та вала з кулачками (молотками). При обертанні вала молотки піднімаються і вільно падають на ковадла електродних рам.

Основними технологічними чинниками, що аналізуються в системі, є:

- Товщина шару пилу: Якщо пил не видаляти вчасно, виникає явище «зворотного коронування», що різко збільшує викиди пилу в атмосферу.
- Адгезія пилу: Властивість частинок прилипати до поверхні. Пил доменного виробництва має тенденцію до злипання, що вимагає певної сили удару.
- Періодичність: Занадто часте струшування призводить до подрібнення шару пилу («вторинного винесення»), а занадто рідке — до закорочування міжелектродного простору.

На ДП №9 аспіраційні установки працюють у змінному режимі залежно від фаз випуску чавуну. Аналіз показує, що інтенсивність запиленості газу зростає під час відкриття/закриття льотки. Відповідно, система управління струшуванням повинна враховувати:

1. Аеродинамічний опір: Зростання перепаду тиску на фільтрі свідчить про надмірне забруднення електродів.
2. Струм корони: Зміна вольт-амперних характеристик (ВАХ) електрофільтра дозволяє непрямым методом визначити товщину шару пилу.

На вугільних електростанціях (та інших конструкціях теплових електростанцій) вугілля спалюється в камері згоряння (котлі або печі) у твердому або пилоподібному вигляді. Вугілля (паливо) зазвичай подається в камеру згоряння за допомогою вентилятора з примусовою тягою, що подає необхідне повітря для горіння. Продукти згоряння зазвичай складаються з димового газу, що складається з диму , летючої золи та важкої золи . Важка зола падає на дно печі та періодично видаляється в зольні бункери. Поєднання летючої золи та диму видаляється за допомогою вентилятора (або вентиляторів) з примусовою тягою та утилізується через димохід . Якщо електростатичний фільтр (ЕСФ) встановлено як частину системи очищення димових газів, він розташований між вентилятором з примусовою тягою та камерою згоряння (рис.2.3).



Рис.2.3. Схема технологічного процесу вугільної електростанції

Перед тим як почнеться наступний етап розробки системи автоматизації потрібно глибше поринути в те як працюють електростатичні фільтри.

2.3 Принцип роботи електрофільтру

Електростатичні фільтри зазвичай мають прямокутну форму з встановленими біля їхньої основи бункерами для збору пилу. Основні компоненти електрофільтра складаються з колекторних електродів/пластин, розрядних електродів, входних та вихідних перфорованих екранів, ізоляторів для розрядних електродів, реперів та одного або кількох електричних трансформаторів. Ефективні фільтри відпрацьованого газу (ЕСП) мають входний та вихідний отвір для газу . Потік газу, що надходить в ЕСП, проходить через перфоровані сітки та рівномірно розподіляється всередину ЕСП; тверді частинки, що захоплюються потоком газу , також рівномірно розподіляються всередині ЕСП.

Розрядні електроди складаються з серії дротів , розташованих горизонтально поперек електровідвідного фільтра (ЕСФ) та встановлених у кілька рядів . Кожен розрядний електрод підключений до джерела високої напруги , яке живиться від електричної системи, розташованої зверху корпусу ЕСФ. Електричні трансформатори підвищують первинну напругу живлення (зазвичай $\approx 380\text{ В}$) до кількох тисяч вольт (зазвичай від 20 кВ до 70 кВ).

Електрична система включає випрямний блок для перетворення змінної напруги на постійну. Це перетворення змінної напруги на постійну необхідне для створення необхідного електричного поля , яке іонізує частинки під час їх

проходження через електрофільтр. Постійна напруга подається на розрядні електроди, що призводить до створення навколо них негативного електричного поля. Негативне електричне поле навколо розрядних електродів викликає передачу негативного заряду частинкам, що призводить до їх притягання до позитивно заряджених колекторних пластин.

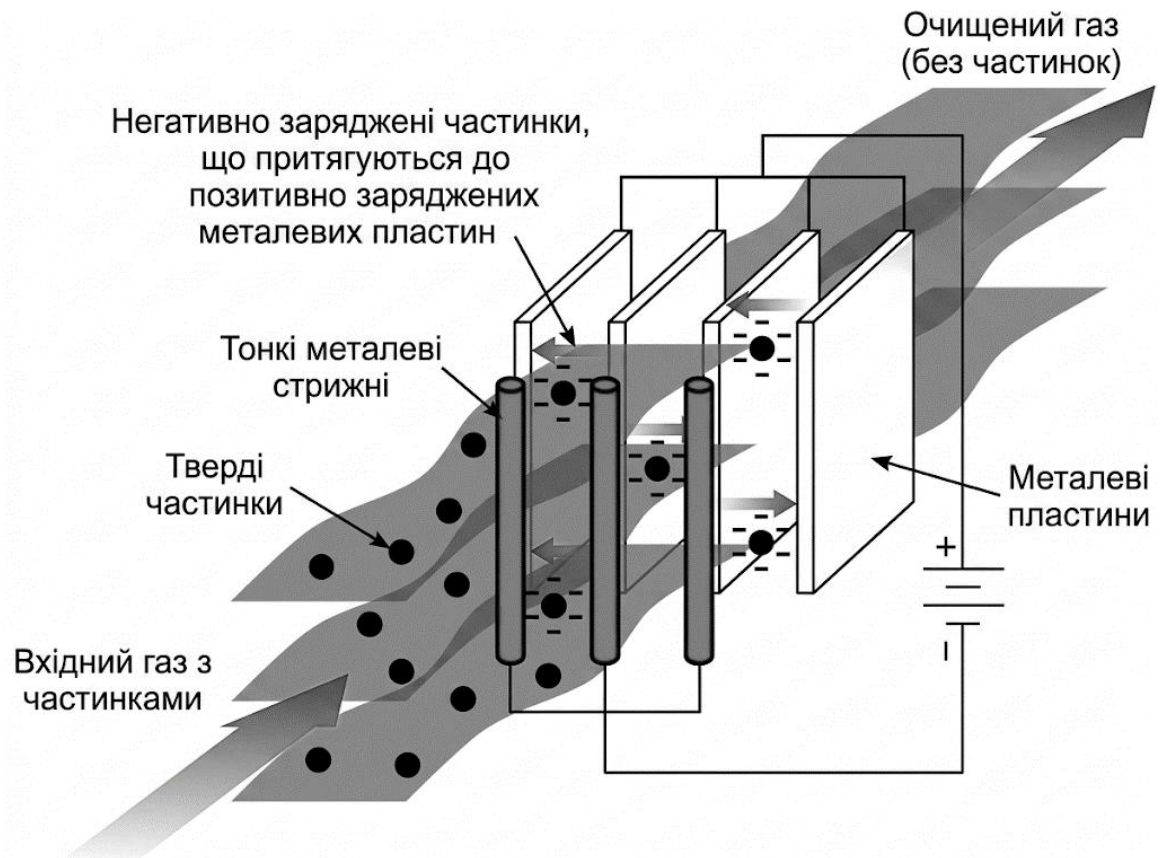


Рис.2.4. Зображення принципу роботи електричної системи

Колекторні електроди мають довгу тонку прямокутну форму та також називаються колекторними пластинами. Тверді частинки притягуються до пластин електростатичною силою. Після того, як частинки накопичуються на пластинах, існує механізм для струшування пластин, що призводить до падіння частинок під дією сили тяжіння в збірні бункери біля основи електрофільтра.

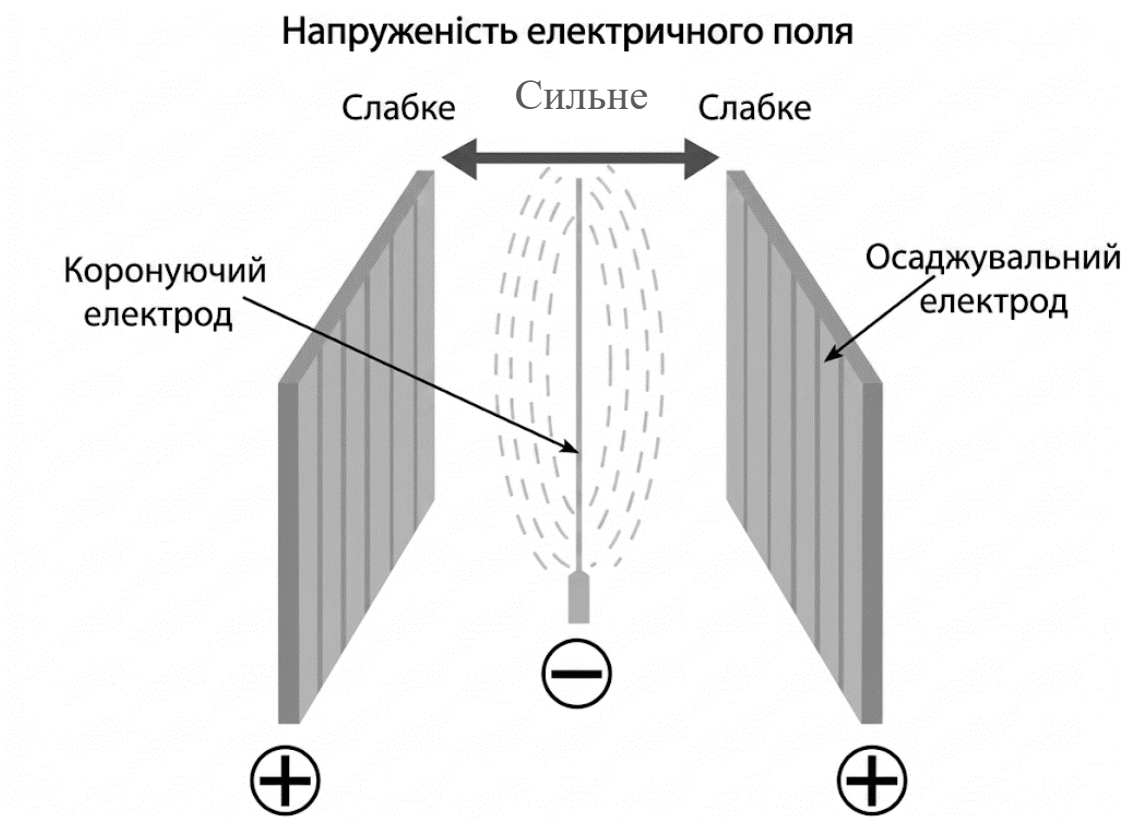


Рис.2.5. Схема колекторних пластин

Механізм, який використовується для струшування (стуку/удару) пластин, називається системою постукування, а сам процес також відомий як постукування. Існують й інші системи постукування: вологі електронні фільтри використовують воду для омивання пластин, тоді як сухі електронні фільтри не використовують воду (механізм, згаданий раніше, - це електронні фільтри сухого типу).

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Основні комплектуючі для системи

Тепер виходячи з інформації минулих розділів можна розпочати розробку системи автоматизації, а саме з короткого переліку функцій (таб.1).

Таблиця .3.1.

Перелік функцій системи автоматизації

№ п/п	Найменування функції	Опис (алгоритм) функції	Призначення функції
1	Керування приводами струшування	Формування дискретних сигналів на пускачі двигунів згідно з часовим графіком або за станом датчиків	Видалення пилу з електродів
2	Контроль перепаду тиску	Отримання аналогового сигналу 4-20 мА від датчика диференційного тиску	Оцінка ступеня забруднення фільтра
3	Моніторинг струму двигунів	Аналіз споживаної потужності для виявлення заклинювання валів	Захист обладнання
4	Аварійна сигналізація	Світлова та звукова індикація при перегріві двигуна або обриві фази	Безпека персоналу та обладнання
5	Візуалізація процесу	Відображення стану механізмів на панелі оператора (HMI)	Інформаційне забезпечення

Для реалізації системи автоматизації електрофільтра доменної печі №9 необхідно використовувати сучасну мікропроцесорну техніку, здатну працювати в складних умовах металургійного виробництва. Особливістю роботи обладнання

на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» є підвищена запиленість, значні вібрації, широкий діапазон температур, наявність потужних електромагнітних завад та безперервний режим експлуатації. У зв'язку з цим до засобів автоматизації висуваються підвищені вимоги щодо надійності, швидкодії та стійкості до зовнішніх впливів.

Як основний керуючий пристрій системи обрано програмований логічний контролер (ПЛК) SIMATIC S7-1200 виробництва Siemens AG. Контролери даної серії широко використовуються на металургійних підприємствах завдяки високій надійності, простоті інтеграції з промисловими мережами та можливості роботи у важких виробничих умовах.

Для реалізації поставлених задач обрано центральний процесор CPU 1214C, який має достатню кількість дискретних та аналогових входів і виходів для керування механізмами струшування електродів електрофільтра. Контролер забезпечує обробку сигналів від датчиків, виконання алгоритмів автоматичного керування, контроль аварійних ситуацій та передачу інформації до операторської панелі.

Основними перевагами контролера є:

- висока надійність роботи;
- модульна структура;
- підтримка промислової мережі PROFINET;
- можливість підключення додаткових модулів вводу-виводу;
- вбудовані функції діагностики;
- підтримка сучасного середовища програмування TIA Portal;
- висока завадостійкість.

Для живлення системи автоматизації використовується промисловий блок живлення 24 В постійного струму, який забезпечує електроживлення

контролера, датчиків, реле, кінцевих вимикачів та інших елементів автоматизації. Використання стандартної напруги 24 В DC підвищує електробезпеку та надійність роботи системи.

З метою контролю технологічного процесу в системі використовуються сучасні датчики промислового виконання. Контроль перепаду тиску в електрофільтрі здійснюється за допомогою датчика диференційного тиску, який дозволяє оцінювати ступінь забруднення електродів та визначати момент запуску механізмів струшування. Для контролю положення механізмів використовуються кінцеві вимикачі, що забезпечують точне визначення завершення циклу очищення.

Керування електродвигунами механізмів струшування виконується за допомогою контакторів та теплових реле захисту. Контактори здійснюють комутацію силових кіл електродвигунів, а теплові реле забезпечують їх захист від перевантаження та перегріву. Для зниження механічних навантажень та підвищення ресурсу обладнання до складу системи можуть бути включені частотні перетворювачі, що забезпечують плавний пуск та регулювання швидкості обертання приводів.

Для візуалізації технологічного процесу та взаємодії оператора із системою застосовується операторська панель НМІ типу КТР700 Basic. Панель дозволяє контролювати параметри роботи електрофільтра, переглядати повідомлення про аварії, змінювати технологічні уставки та здійснювати ручне керування обладнанням під час налагодження або технічного обслуговування.

Передача даних між окремими компонентами системи здійснюється за допомогою промислової мережі PROFINET, яка забезпечує високошвидкісний та надійний обмін інформацією між контролером, панеллю оператора та периферійними пристроями.

- Програмований логічний контролер (ПЛК): Обираємо Siemens SIMATIC S7-1200 (CPU 1214C). Він має оптимальну кількість вбудованих входів/виходів та підтримує розширення. (рис.4)



Рис.3.1. Програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200 (CPU 1214C)

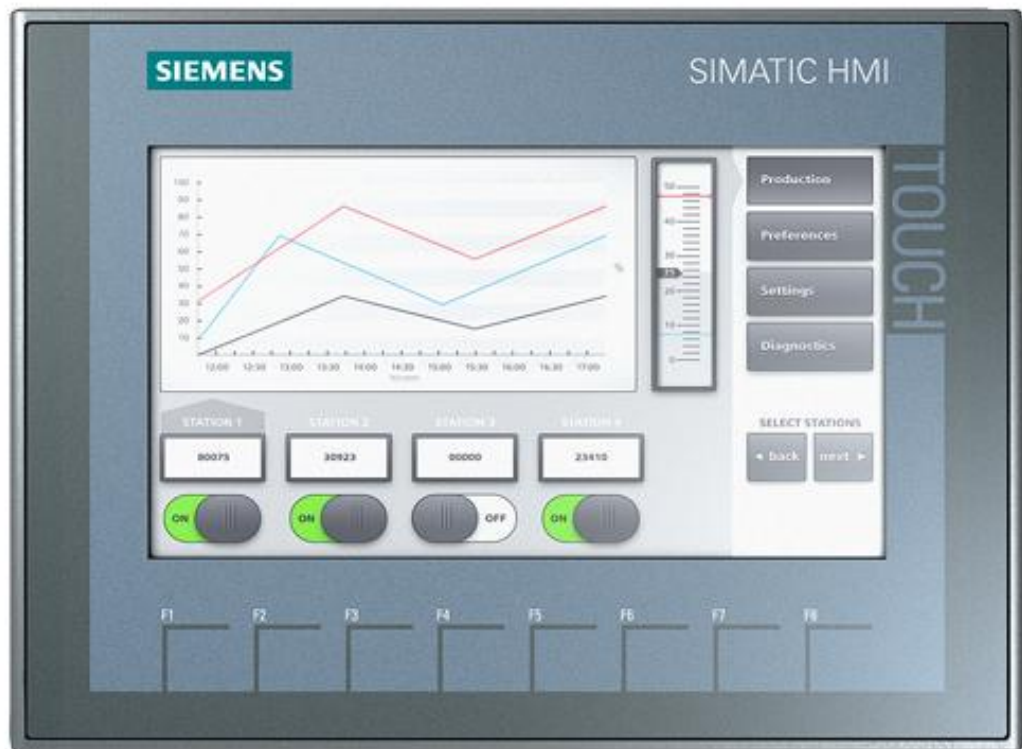


Рис.3.2. Панель оператора: Siemens KTP700 Basic

Послідовність роботи така:

Датчики → ПЛК → ЩАУ → УОК → Контактори → Двигуни → Механізм струшування

Після завершення циклу:

Кінцевий вимикач → ПЛК → НМІ → Оператор

Саме така структура відповідає сучасним системам автоматизації електрофільтрів металургійних підприємств і може бути використана як окремий підрозділ дипломної роботи «Склад та характеристика елементів системи автоматизації».

3.2 Щит автоматизації та керування

Отже, для автоматизації процесу струшування в електрофільтру використовується кімната з комбінованим щитом керування.

Щит автоматизації та керування (ЩАУ) є центральним елементом системи автоматизації електрофільтра доменної печі №9. Саме в ньому зосереджені всі засоби контролю, керування, сигналізації та захисту обладнання. Фактично ЩАУ є «мозком» усієї системи, оскільки він приймає інформацію від датчиків, обробляє її, формує команди керування та забезпечує взаємодію між оператором і технологічним процесом.

Основним завданням ЩАУ є забезпечення безперервної роботи електрофільтра та підтримання високої ефективності очищення доменного газу від пилу. Щит автоматично контролює стан обладнання, визначає необхідність запуску механізмів струшування електродів, контролює роботу приводів та забезпечує захист системи від аварійних режимів.

Умови експлуатації ЩАУ на доменній печі №9 характеризуються високою запиленістю, значними електромагнітними завадами, вібраціями та безперервним режимом роботи обладнання. Тому для його побудови застосовуються промислові компоненти з підвищеною надійністю та завадостійкістю.

Система не просто подає струм, вона керує цілим циклом очищення:

- Керування механізмами струшування: Пил осідає на електродах. Щоб він упав у бункери, електроди треба періодично «трусити» спеціальними молотками. ЩАУ задає інтервали та послідовність роботи двигунів цих молотків.
- Вивантаження пилу: Коли пил накопичується в бункерах, ЩАУ керує шнеками або конвеєрами, які транспортують цей пил далі.

- Нагрівання ізоляторів: Щоб на ізоляторах не утворювався конденсат (який може призвести до короткого замикання), ЩАУ подає живлення на електричні обігрівачі.
- Управління високою напругою: Через панелі керування система регулює потужність електричного поля всередині фільтра. Чим точніше регулювання, тим краще виловлюється пил.
- Захист та блокування: Якщо десь стається збій або відчиняються двері в зону високої напруги, ЩАУ миттєво знеструмлює установку задля безпеки персоналу.



Рис.3.3. Щит автоматизації та керування

На фото (рис.3.3) ви бачите внутрішні секції шафи. Щит виконаний у вигляді металевої шафи підлогового встановлення.

Основні параметри:

- висота – 2000 мм;
- ширина – 800–1200 мм;
- глибина – 600 мм;
- ступінь захисту – IP54;
- колір корпусу – RAL 7035.

Металевий корпус забезпечує:

- захист від пилу;
- захист від вологи;
- механічний захист обладнання;
- екранування електромагнітних завад.

Всередині шафи встановлюються монтажні панелі та DIN-рейки для кріплення обладнання.

Щит умовно поділяється на кілька функціональних зон:

Верхня частина розташовуються:

- ввідний автоматичний вимикач;
- автоматичні вимикачі групових ліній;
- шини живлення;
- блоки захисту від перенапруг.

Центральна частина містить:

- програмований логічний контролер;

- модулі вводу-виводу;
- мережеве обладнання;
- проміжні реле.

Силові частини розташовуються:

- контактори;
- теплові реле;
- частотні перетворювачі;
- пускачі.

Нижня частина встановлюються:

- клемні колодки;
- кабельні вводи;
- шина заземлення.

На дверцятах шафи монтуються:

- операторська панель НМІ;
- кнопки керування;
- перемикачі режимів;
- світлова сигналізація.

Ввідний автомат є першим елементом електроживлення щита. Його призначення:

- підключення ЩАУ до мережі;
- захист від короткого замикання;
- захист від перевантаження;
- аварійне відключення.

Після включення автомата живлення надходить на всі внутрішні кола щита.

Для живлення систем автоматизації використовується промисловий блок живлення. Його функції:

- перетворення напруги 220 В АС у 24 В DC;
- стабілізація напруги;
- захист від перевантаження;
- фільтрація завад.

Від нього живляться:

- контролер;
- датчики;
- модулі вводу-виводу;
- реле;
- система сигналізації.

Головним керуючим елементом ЩАУ є контролер Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C.

Контролер виконує:

- опитування датчиків;
- аналіз технологічних параметрів;
- контроль роботи електрофільтра;
- формування команд керування;
- діагностику системи;
- архівування аварій.

Контролер працює циклічно.

Тривалість одного циклу обробки становить декілька мілісекунд. За цей час він:

1. Зчитує сигнали.
2. Аналізує параметри.
3. Виконує програму керування.
4. Формує вихідні сигнали.

Комунікаційне обладнання

Для зв'язку між пристроями використовується мережа PROFINET. До складу входять:

- промисловий Ethernet-комутатор;
- мережеві кабелі;
- інтерфейсні модулі.

Комунікаційна мережа забезпечує обмін даними між:

- ПЛК;
- НМІ;
- УОК;
- верхнім рівнем АСУ ТП.

Для взаємодії оператора із системою використовується панель Siemens KTP700 Basic.

Панель виконує функції:

- відображення технологічної схеми;
- перегляд параметрів;
- зміна налаштувань;
- відображення аварій;

- ручне керування обладнанням.

На екрані оператор бачить:

- перепад тиску;
- стан електрофільтра;
- роботу приводів;
- режими роботи;
- аварійні повідомлення.

Система сигналізації

Система сигналізації інформує персонал про поточний стан установки. До складу входять:

Світлова сигналізація

Звукова сигналізація

Контактори використовуються для керування електродвигунами механізмів струшування. Їх призначення:

- запуск двигунів;
- зупинка двигунів;
- комутація силових кіл.

Проміжні реле використовуються для:

- гальванічної розв'язки;
- дублювання сигналів;
- захисту ПЛК.

Частотні перетворювачі забезпечують:

- плавний запуск двигунів;
- регулювання швидкості;
- зменшення ударних навантажень;
- зниження пускових струмів.

Для механізмів струшування це дозволяє суттєво збільшити ресурс редукторів і двигунів.

Клемні колодки використовуються для підключення:

- датчиків;
- двигунів;
- кнопових постів;
- виконавчих механізмів.

Вони забезпечують:

- зручність монтажу;
- швидкий ремонт;
- можливість діагностики.

Під час роботи обладнання виділяє тепло. Для підтримання нормальної температури використовуються:

- вентилятори;
- фільтри;
- вентиляційні решітки;
- термостати.

Температура всередині шафи підтримується на рівні 25–40 °С.

Усі металеві частини ЩАУ підключаються до захисного заземлення. Заземлюються:

- корпус шафи;
- дверцята;
- монтажна панель;
- частотні перетворювачі;
- блоки живлення.

Це забезпечує захист персоналу та обладнання від ураження електричним струмом.

Після подачі живлення контролер запускає програму керування.

Далі виконується:

1. Самодіагностика обладнання.
2. Опитування датчиків.
3. Аналіз стану електрофільтра.
4. Визначення ступеня забруднення електродів.
5. Формування команди на струшування.
6. Передача команди до УОК.
7. Контроль виконання циклу.
8. Архівування інформації.

Після завершення очищення система повертається у режим моніторингу.

Щит автоматизації та керування (ЩАУ) є центральним елементом автоматизованої системи електрофільтра аспірації доменної печі №9 ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг». Основним призначенням щита є забезпечення автоматичного керування процесом очищення доменного газу, контроль роботи механізмів струшування електродів, захист обладнання та забезпечення стабільної роботи електрофільтра в умовах безперервного металургійного виробництва.

Електрофільтр працює у важких технологічних умовах, для яких характерні висока температура, значна запиленість, вібрації, великі електричні навантаження та сильні електромагнітні завади. Саме тому до конструкції щита та елементів системи автоматизації висуваються підвищені вимоги щодо надійності, захищеності та безпечності експлуатації.

ЩАУ виконаний у металевому корпусі промислового типу зі ступенем захисту IP54. Така конструкція забезпечує захист внутрішнього обладнання від пилу, вологи та механічних пошкоджень. Корпус також виконує функцію екранування електромагнітних завад, що особливо важливо при роботі високовольтного обладнання електрофільтра.

Живлення щита здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою 380 В та частотою 50 Гц. На ввіді встановлюється автоматичний вимикач, який забезпечує підключення щита до мережі, а також виконує функції захисту від короткого замикання та перевантаження. При виникненні аварійного режиму автоматичний вимикач миттєво відключає живлення та запобігає пошкодженню обладнання.

Для розподілу електричної енергії всередині щита використовуються шинопроводи. Вони виконуються з мідних або алюмінієвих шин великого перерізу та встановлюються на ізольованих кріпленнях. Шинопроводи забезпечують передачу значних струмів до силового обладнання та мають підвищену термостійкість, оскільки система працює у режимі постійного навантаження.

Одним із головних елементів ЩАУ є блок живлення 24 В постійного струму. Він призначений для живлення систем автоматизації, зокрема програмованого логічного контролера, датчиків, реле, кінцевих вимикачів та системи сигналізації. Промисловий блок живлення забезпечує стабілізацію вихідної напруги, має захист від перегріву, короткого замикання та перенапруги.

Центральним керуючим елементом системи є програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C. Контролер виконує всі основні функції автоматичного керування електрофільтром. До його задач входить збір та обробка сигналів від датчиків, аналіз технологічних параметрів, формування команд керування виконавчими механізмами, контроль аварійних ситуацій та передача інформації на панель оператора.

Принцип роботи ПЛК полягає у циклічному опитуванні входів, обробці інформації згідно із закладеним алгоритмом та формуванні вихідних сигналів. Контролер безперервно контролює струм та напругу електрофільтра, перепад тиску, стан двигунів механізмів струшування та положення виконавчих механізмів.

Для прийому та передачі сигналів у системі використовуються модулі вводу та виводу. Дискретні входи приймають сигнали від кнопок керування, кінцевих вимикачів, теплових реле та аварійних контактів. Аналогові входи використовуються для підключення датчиків струму, напруги, перепаду тиску та інших контрольно-вимірювальних приладів, що працюють зі стандартними сигналами 4–20 мА або 0–10 В. Дискретні виходи формують команди на контактори, реле, сигнальні лампи та інші виконавчі механізми.

Керування електродвигунами механізмів струшування здійснюється за допомогою контакторів та магнітних пускачів. Контактори виконують дистанційне вмикання та вимикання силових кіл двигунів. Після подачі напруги на котушку контактора створюється магнітне поле, яке замикає силові контакти та запускає двигун. Для підвищення надійності контактори оснащуються дугогасильними камерами та мають високий механічний ресурс.

Для захисту двигунів від перевантаження використовуються теплові реле. Принцип їх роботи базується на нагріванні біметалевої пластини при перевищенні допустимого струму. У випадку перевантаження реле розмикає коло керування та відключає двигун, запобігаючи його перегріву та пошкодженню.

У системі також застосовуються частотні перетворювачі, які забезпечують плавний запуск двигунів та регулювання швидкості їх обертання. Використання частотних перетворювачів дозволяє знизити пускові струми, зменшити механічні удари під час струшування електродів та підвищити ресурс роботи обладнання.

Для гальванічної розв'язки та підсилення сигналів у щиті використовуються проміжні реле. Вони дозволяють відокремити силову частину від системи автоматизації та забезпечують додатковий захист програмованого контролера від електричних завад і перенапруг.

Контроль положення механізмів здійснюється за допомогою кінцевих вимикачів. Вони визначають крайні положення валів та ударних механізмів струшування. Після досягнення необхідного положення кінцевий вимикач формує сигнал для контролера, який завершує цикл струшування або переводить систему до наступного етапу роботи.

Для візуалізації технологічного процесу використовується панель оператора Siemens KTP700 Basic. Вона дозволяє оператору контролювати параметри роботи електрофільтра, переглядати аварійні повідомлення, змінювати уставки та виконувати ручне керування системою. На екрані панелі відображаються стан секцій електрофільтра, струм та напруга полів, режими роботи механізмів струшування та стан електродвигунів.

Передача даних між елементами системи здійснюється через промислові комунікаційні мережі PROFINET, Industrial Ethernet та RS-485. Для забезпечення зв'язку між контролером, панеллю оператора та іншими пристроями використовується промисловий комутатор SCALANCE. Комунікаційна система забезпечує швидкий та надійний обмін даними між усіма елементами автоматизації.

У ЩАУ також передбачена система світлової та звукової сигналізації. Світлова сигналізація інформує персонал про режим роботи системи: зелений сигнал означає нормальну роботу, жовтий — попередження, червоний — аварійний стан. Звукова сигналізація вмикається у випадку аварій, перевантаження двигунів або несправності обладнання.

Для забезпечення електробезпеки у щиті передбачена система заземлення. Заземлюються корпус шафи, металоконструкції, дверцята та все силове обладнання. Це забезпечує захист персоналу від ураження електричним струмом та відведення струмів пошкодження.

Оскільки всередині шафи виділяється значна кількість тепла, передбачена система вентиляції та охолодження. Вона включає вентилятори, вентиляційні решітки, фільтри та термостати. Система підтримує допустиму температуру всередині шафи та запобігає перегріву обладнання.

Принцип роботи ЩАУ полягає у безперервному контролі технологічних параметрів електрофільтра. Після запуску системи контролер виконує самодіагностику та перевіряє стан обладнання. Далі система переходить у режим моніторингу параметрів. При погіршенні роботи електрофільтра або накопиченні пилу на електродах контролер формує команду запуску механізмів струшування. Після завершення циклу очищення система повертається у режим очікування. У випадку аварійної ситуації обладнання автоматично відключається та формується сигнал тривоги.

4 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА ПРИНЦИПИ РОБОТИ СИСТЕМИ

4.1 Робота системи

Система автоматизації електрофільтра аспірації доменної печі №9 призначена для забезпечення стабільної та безпечної роботи обладнання очищення доменного газу. Основним завданням системи є підтримання високої ефективності очищення газу шляхом автоматичного керування механізмами струшування електродів, контролю технологічних параметрів та захисту обладнання від аварійних режимів роботи.

Під час роботи електрофільтра на поверхні осаджувальних та коронуючих електродів накопичується значна кількість пилу. Це призводить до зниження ефективності очищення газу, погіршення електричних характеристик електрофільтра та збільшення ймовірності виникнення пробойів високої напруги. Для усунення цих недоліків використовується автоматизована система керування механізмами струшування, яка забезпечує періодичне очищення електродів.

Структура системи автоматизації побудована за багаторівневим принципом і складається з декількох взаємопов'язаних підсистем. До складу системи входять датчики контролю технологічних параметрів, програмований логічний контролер, силове комутаційне обладнання, система візуалізації та виконавчі механізми.

Нижній рівень системи утворюють контрольно-вимірювальні прилади та датчики. До них належать датчики струму, напруги, перепаду тиску, положення механізмів та аварійних станів. Датчики виконують безперервний контроль параметрів роботи електрофільтра та передають інформацію до програмованого логічного контролера у вигляді аналогових або дискретних сигналів.

Для контролю ступеня забруднення електрофільтра використовується датчик перепаду тиску Rosemount 3051S. При накопиченні пилу аеродинамічний

опір електрофільтра збільшується, що фіксується датчиком та передається до системи керування. Контроль струму та напруги високовольтних полів дозволяє оцінювати ефективність процесу осадження пилу та своєчасно визначати необхідність очищення електродів.

Центральним елементом системи є програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C. Контролер забезпечує обробку сигналів від датчиків, виконання алгоритмів автоматичного керування та формування команд для виконавчих механізмів. Використання ПЛК дозволяє реалізувати гнучке налаштування режимів роботи електрофільтра та забезпечити високу надійність системи.

До контролера підключаються модулі дискретних та аналогових входів і виходів. Аналогові входи використовуються для прийому сигналів від датчиків струму, напруги та перепаду тиску. Дискретні входи призначені для підключення кнопок керування, кінцевих вимикачів та сигналів аварійного захисту. Через дискретні виходи контролер керує контакторами, реле та виконавчими механізмами.

Виконавчий рівень системи складається з електродвигунів механізмів струшування, мотор-редукторів, контакторів та частотних перетворювачів. Після отримання команди від ПЛК контактори вмикають електродвигуни, які через редуктори приводять у рух ударні механізми струшування електродів. Під дією механічних ударів пил осипається з поверхні електродів у пилозбірні бункери.

Для плавного запуску двигунів та зменшення механічних навантажень у системі застосовуються частотні перетворювачі. Вони дозволяють регулювати швидкість обертання приводів та зменшують пускові струми, що позитивно впливає на ресурс роботи обладнання.

Важливим елементом системи є панель оператора Siemens KTP700 Basic, яка забезпечує візуалізацію технологічного процесу. На екрані HMI-панелі

оператор може контролювати стан електрофільтра, переглядати значення струму та напруги, отримувати інформацію про аварії та змінювати режими роботи системи. Панель також дозволяє здійснювати ручне керування окремими механізмами під час налагодження або технічного обслуговування.

Передача інформації між елементами системи здійснюється через промислові мережі PROFINET та Industrial Ethernet. Це забезпечує швидкий обмін даними між контролером, панеллю оператора та периферійним обладнанням.

Принцип роботи системи автоматизації полягає у безперервному контролі параметрів електрофільтра та автоматичному запуску механізмів струшування при погіршенні ефективності очищення. Після запуску системи програмований контролер виконує самодіагностику та перевіряє справність обладнання. Далі система переходить у режим моніторингу технологічних параметрів.

У процесі роботи контролер постійно аналізує значення струму та напруги електрофільтра, перепад тиску та час роботи механізмів. При досягненні встановлених граничних значень контролер формує команду на запуск механізмів струшування відповідної секції електрофільтра.

Після отримання команди контактори вмикають електродвигуни мотор-редукторів. Через систему валів та кулачкових механізмів створюються ударні імпульси, які передаються на осаджувальні та коронуючі електроди. У результаті пил відділяється від поверхні електродів та осипається у бункери.

Під час роботи механізмів струшування система контролює струм двигунів, тривалість циклу та положення механізмів. Після завершення циклу очищення двигуни автоматично вимикаються, а система повертається у режим очікування.

У випадку виникнення аварійної ситуації, наприклад перевантаження двигуна, заклинювання механізму або втрати зв'язку з датчиками, система формує

аварійний сигнал та виконує аварійне відключення обладнання. Інформація про аварію відображається на панелі оператора та передається до верхнього рівня автоматизації.

Таким чином, розроблена структура системи автоматизації забезпечує ефективне керування електрофільтром доменної печі №9, підтримання високої ефективності очищення газу, зниження викидів пилю та підвищення надійності роботи обладнання в умовах металургійного виробництва.

Коротко як має працювати ця система зображено на блок схемі, нижче повний опис всіх етапів:



Рис.4.1. Блок схема принципу роботи системи

1. Подача живлення на систему

Після ввімкнення ввідного автомата в ЩАУ на систему подається живлення 380 В АС.

Одночасно запускаються:

- блок живлення 24 В DC;
- контролер Siemens S7-1200;
- операторська панель HMI;
- система сигналізації;
- мережеве обладнання.

На НМІ відображається повідомлення:

«Система запускається».

Тривалість етапу 5–15 секунд.

2. САМОДІАГНОСТИКА

Після запуску ПЛК виконує перевірку всіх елементів системи. Перевіряються:

Датчики

- перепаду тиску;
- струму;
- напруги;
- температури.

Виконавчі механізми

- контактори;
- частотні перетворювачі;
- двигуни;
- кінцеві вимикачі.

Зв'язок

- НМІ;
- УОК;
- мережа PROFINET.

Якщо всі пристрої справні:

«Система готова до роботи».

Тривалість 10–20 секунд.

3. ПЕРЕХІД У РЕЖИМ МОНІТОРИНГУ

Електрофільтр очищує доменний газ.

У цей момент:

- газ проходить через електрофільтр;
- пил осідає на електродах;
- струшування не виконується.

Контролер лише спостерігає за процесом. Опитування датчиків відбувається кожні 100–500 мс.

4. НАКОПИЧЕННЯ ПИЛУ НА ЕЛЕКТРОДАХ

Під час очищення газу пил накопичується на Осаджувальних електродах

Тут накопичується приблизно:

- 90–95 % усього пилу.

Коронуючих електродах Накопичується:

- 5–10 % пилу.

Через деякий час шар пилу починає погіршувати роботу електрофільтра.

5. КОНТРОЛЬ СТАНУ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРА

Контролер постійно аналізує:

- Перепад тиску
- забруднення:
- Струм поля

- Час після останнього струшування

Після досягнення уставки запускається очищення.

6. ВИБІР СЕКЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ

Електрофільтр має декілька полів наприклад:

- поле №1;
- поле №2;
- поле №3;
- поле №4.

ПЛК визначає яка секція буде очищатися першою. Найчастіше використовується почерговий режим.

7. ПІДГОТОВКА ДО СТРУШУВАННЯ

Перед запуском перевіряється:

- справність двигуна;
- стан контактора;
- відсутність аварії;
- готовність кінцевих вимикачів.

Якщо всі умови виконані ПЛК видає дозвіл на запуск.

Тривалість 1–3 секунди.

8. ЗАПУСК ПРИВОДУ СТРУШУВАННЯ

Контролер подає сигнал:

DO → контактор КМ1.

Контактор подає напругу на двигун.

Двигун запускається.

Якщо встановлено частотний перетворювач:

розгін відбувається плавно.

Тривалість розгону 3–10 секунд.

9. РОБОТА МЕХАНІЗМУ СТРУШУВАННЯ

Електродвигун обертає:

- редуктор;
- вал струшування.

На валу встановлені:

- молотки;
- кулачки;
- ударні механізми.

Під час обертання валу відбуваються удари по підвісці електродів.

10. СТРУШУВАННЯ ОСАДЖУВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОДІВ

Спочатку очищуються осаджувальні електроди.

Кількість ударів 10–30 ударів за цикл.

Частота 1–2 удари за секунду.

Тривалість 20–60 секунд.

За цикл може осипатися від 20 до 100 кг пилу залежно від навантаження печі. Пил потрапляє в пилозбірні бункери.

11. СТРУШУВАННЯ КОРОНУЮЧИХ ЕЛЕКТРОДІВ

Після завершення очищення осаджувальних електродів запускається механізм коронуєчих електродів.

Коронуєчі електроди очищаються делікатніше.

Кількість ударів 5–15 ударів.

Тривалість 10–30 секунд.

Оскільки пилу тут менше, осипається приблизно 5–20 кг пилу.

12. КОНТРОЛЬ ЦИКЛУ

Під час роботи контролер контролює:

- струм двигуна;
- положення валу;
- час циклу;
- спрацювання кінцевих вимикачів.

Якщо струм > допустимого, або кінцевик не спрацював, виникає аварія.

13. ЗУПИНКА ПРИВОДУ

Після завершення циклу контролер відключає контактор. Двигун зупиняється. Механізм повертається у вихідне положення. Кінцевий вимикач підтверджує: «Цикл завершений».

14. ОСИПАННЯ ПИЛУ В БУНКЕР

Після ударів пил ще деякий час продовжує падати.

Зазвичай 30–120 секунд. Тому між секціями вводиться пауза.

Це потрібно для того, щоб пил:

- не піднімався повторно;
- не переносився газовим потоком.

15. ПЕРЕХІД ДО НАСТУПНОЇ СЕКЦІЇ

Після завершення очищення першого поля:

ПЛК переходить до другого, далі:

- третє;
- четверте;
- наступні секції.

Цикл повторюється.

16. КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТУ ОЧИЩЕННЯ

Після завершення всіх циклів контролер аналізує:

- перепад тиску;
- струм поля;
- напругу поля.

Як правило:

перепад тиску зменшується на 10–30 %.

Струм поля збільшується на 5–15 %.

Це означає, що очищення виконано успішно.

17. ПОВЕРНЕННЯ В РЕЖИМ ОЧІКУВАННЯ

Після завершення циклів система повертається до моніторингу.

Далі процес повторюється:

накопичення пилу → аналіз → струшування → очищення → моніторинг.

18. АВАРІЙНИЙ РЕЖИМ

Якщо виникає:

- перевантаження двигуна;
- обрив фази;
- заклинювання валу;
- несправність датчика;
- аварійний STOP;

контролер:

1. вимикає двигун;
2. вимикає контактор;
3. вмикає сирену;
4. записує подію в архів;
5. блокує повторний запуск.

На НМІ з'являється повідомлення:

«Аварія механізму струшування секції №__».

Після усунення несправності оператор виконує скидання аварії та система повертається до нормальної роботи.

Таблиця 4.1.

Вхідні сигнали

№ з/п	Позначення на схемі	Найменування сигналу	Тип сигналу	Призначення сигналу
-------	---------------------	----------------------	-------------	---------------------

1	TA1	Струм осадження поля 1	Аналоговий (4-20 мА)	Контроль коронування для адаптивного режиму
2	TV1	Напруга поля 1	Аналоговий (4-20 мА)	Моніторинг електричного пробоя (іскріння)
3	SQ1	Кінцевий вимикач (Поле 1)	Дискретний (24В)	Контроль вихідного положення молотків
4	SQ2	Кінцевий вимикач (Поле 2)	Дискретний (24В)	Контроль вихідного положення молотків
5	SB2	Кнопка "Пуск"	Дискретний (24В)	Дистанційний запуск циклу струшування
6	SB1	Кнопка "Стоп"	Дискретний (24В)	Аварійна зупинка системи
7	FR1	Стан теплового реле	Дискретний (24В)	Сигнал про перевантаження двигуна
8	G1 / G2	Датчики запиленості	Аналоговий (4-20 мА)	Прямий вимір концентрації пилу

Таблиця 4.2.

Вихідні сигнали

№ з/п	Позначення на схемі	Найменування сигналу	Тип сигналу	Призначення сигналу
1	KM1	Керування контактором (Секція 1)	Дискретний (24В)	Запуск двигуна мотор-редуктора 1
2	KM2	Керування контактором (Секція 2)	Дискретний (24В)	Запуск двигуна мотор-редуктора 2
3	KMn	Керування контактором (Секція n)	Дискретний (24В)	Резерв для наступних полів фільтра
4	HL1	Сигнал "Тривога" (Аварія)	Дискретний (24В)	Світлова індикація несправності
5	HL2	Сигнал "Робота"	Дискретний (24В)	Світлова індикація активного циклу
6	HMI_Data	Дані візуалізації (Ethernet)	Цифровий (Profinet)	Передача значень на панель оператора
7	YV1	Керування клапаном (резевр)	Дискретний (24В)	Керування пневмообладнанням (за наявності)
8	RS-485	Канал зв'язку Modbus RTU	Цифровий	Передача даних у загальнозаводську мережу

Також при необхідності оператор може скористатися ручним режимом через панель управління. Якщо трапляється якась помилка, то система переходить у аварійний стан зупиняє всі процеси, сповіщає про це оператора й блокує повторний запуск.

З огляду на масштаб доменної печі №9, де відстані між механізмами струшування та пультом керування можуть бути значними, найдоцільнішим є вибір розподіленої структури УОК.

4.1 Шафа управління очисткою доменної печі

Шафа управління очисткою доменних печей — це комплексне електротехнічне обладнання (автоматизована система), призначене для контролю, регулювання та автоматизації процесів очищення доменних газів або аспіраційного повітря від пилу та інших домішок, що утворюються під час виплавки. Ця шафа є частиною системи екологічної безпеки доменного цеху, що забезпечує роботу сухого або мокрого способу очищення газів.

Шафа управління очисткою (УОК) є локальним виконавчим елементом системи автоматизації електрофільтра доменної печі №9. Її основним призначенням є керування механізмами струшування осаджувальних та коронуючих електродів, контроль роботи приводів, захист електродвигунів та передача інформації про стан обладнання до ЩАУ.

Якщо ЩАУ є «мозком» системи, то УОК можна вважати її «силовим виконавчим органом», який безпосередньо керує механізмами очищення електродів.

Отже в таб.4.3 наведено обґрунтування вибору елементів згідно з нашим алгоритмом.

Таблиця 4.3

Набір елементів шафи УОК.

№	Етап компонування	Рішення для ДП №9 (на базі серії Siemens S7-1200/1500)
1	Структура	Розподілена. Центральний процесор у щиті керування, віддалені модулі введення/виведення (ET 200SP) біля секцій фільтра.
2	Плата ЦПП	CPU 1511-1 PN (серія S7-1500). Має вбудований Ethernet/PROFINET та дисплей для діагностики.
3	Flash-пам'ять	SIMATIC Memory Card (4 MB). Необхідна для зберігання програми та архівування аварійних подій.
4	Периферія	Панель оператора KTP700 Basic. Замінює окрему клавіатуру та монітор, має захист IP65.

5	Модулі вв/вив	DI 16x24VDC (для кінцевиків), DQ 16x24VDC (для контакторів), AI 8xU/I (для датчиків струму поля).
6	Клемні плати	Фронтштекери з гвинтовими клемами для надійного контакту в умовах вібрації.
7	Комунікації	Комутатор SCALANCE XB005. Для об'єднання ПЛК, HMI та віддалених станцій у мережу PROFINET.
8	Кросова плата	Шина U-connector. Модулі S7-1500 з'єднуються між собою через внутрішню шину на DIN-рейці.
9	Корпус	Сталева шафа Rittal (IP54). Захист від пилу та електромагнітних завад.

Ці компоненти забезпечують основні вимоги:

- **Продуктивність:** Вибраний процесор має час виконання логічної операції близько 60 нс, що з надлишком перекриває потреби алгоритму струшування.
- **Захищеність:** Використання промислової серії компонентів дозволяє працювати при температурі до +60°C. Шафа IP54 захищає від специфічного абразивного пилу доменного виробництва.
- **Надійність:** Модулі мають вбудовану гальванічну розв'язку, що критично при роботі поруч із високовольтними агрегатами (50-80 кВ).

Цю структурну схему можна відобразити наступними логічними блоками:

1. Центральна частина (в прямокутнику "Шафа керування"):
 - Блок живлення (~380/24В).
 - ЦПП (Центральний процесор).
 - Комунікаційний модуль (Switch).
 - Модулі розширення (AI, DI, DQ), встановлені на спільну шину.
2. Зовнішні зв'язки:
 - Лінія PROFINET (Industrial Ethernet) до панелі оператора на дверцятах шафи.
 - Лінія зв'язку до віддаленої станції (якщо вибрано розподілений ввід/вивід).

3. Зв'язок з об'єктом:

- Шини від дискретних входів до кінцевих вимикачів (SQ).
- Шини від дискретних виходів до котушок контакторів (KM).
- Шини від аналогових входів до датчиків струму/напруги (TA, TV).

Компонування УОК здійснюється з використанням промислових каталогів фірм-виробників обчислювальної техніки та засобів автоматизації, які містять інформацію щодо номенклатури та технічних характеристик продукції. Для виконання індивідуального завдання студенти можуть отримати у викладача електронну версію відповідного каталогу або користуватись власними каталогами чи інформацією, яка є доступною в мережі Internet. Шафа управління дозволяє забезпечити нормальне функціонування очисних споруд без потреби постійної присутності персоналу безпосередньо біля агрегату.

Шафа являє собою металевий корпус промислового виконання.

Основні характеристики:

- висота 1800–2200 мм;
- ширина 800–1000 мм;
- глибина 400–600 мм;
- ступінь захисту IP54-IP55;
- напруга живлення 380 В;
- робоча температура від -10 °С до +40 °С.

Усередині всі елементи розміщені на монтажній панелі.

Комплектуючі шафи УОК

1. Ввідний автоматичний вимикач QF1

Є першим елементом силового кола.

Призначений для:

- подачі живлення на шафу;
- захисту від короткого замикання;
- захисту від перевантаження;
- аварійного відключення.

Після його ввімкнення живлення надходить на всі кола УОК.

2. Блок живлення 24 В

Перетворює:

380/220 В AC → 24 В DC

Використовується для живлення:

- реле;
- кінцевих вимикачів;
- датчиків;
- допоміжних кіл.

3. Контактори КМ

Контактори є основними виконавчими елементами.

Наприклад:

КМ1 – привід струшування осаджувальних електродів

КМ2 – привід струшування коронуючих електродів

Функції:

- включення двигунів;

- вимикання двигунів;
- дистанційне керування.

Контактор отримує сигнал від ПЛК і замикає силове коло двигуна.

4. Теплові реле

Встановлюються після контакторів.

Захищають двигун від:

- перевантаження;
- заклинювання;
- перегріву.

При перевищенні струму:

реле розмикає коло керування.

ПЛК отримує сигнал аварії.

5. Частотний перетворювач

Для сучасної системи ДП №9 рекомендується використовувати частотний перетворювач.

Його функції:

- плавний пуск;
- плавна зупинка;
- регулювання швидкості;
- зниження пускового струму.

Переваги:

- збільшення ресурсу редуктора;
- зменшення ударних навантажень;
- економія електроенергії.

6. Проміжні реле

Використовуються для:

- гальванічної розв'язки;
- дублювання сигналів;
- підсилення виходів ПЛК.

Вони відокремлюють електроніку контролера від силової частини.

7. Кінцеві вимикачі

Контролюють положення механізмів.

Показують:

- механізм у вихідному положенні;
- механізм у робочому положенні;
- завершення циклу.

Без їх сигналу запуск нового циклу неможливий.

8. Клемні колодки

Служать для підключення:

- двигунів;
- датчиків;
- кабелів зв'язку;

- кнопоквих постів.

Забезпечують зручність монтажу та ремонту.

9. Сигнальні лампи

На дверях УОК розташовуються:

Зелена:

- робота.

Жовта:

- готовність.

Червона:

- аварія.

Оператор може оцінити стан обладнання навіть без відкриття шафи.

10. Перемикач режимів

Має два положення:

Автоматичний режим

Команди надходять від ЩАУ.

Ручний режим

Оператор самостійно запускає приводи.

11. Кнопки керування

На дверях встановлюються:

- Пуск;
- Стоп;

- Скидання аварії.

Іноді встановлюється кнопка аварійного відключення.

На сьогоднішній день є можливість виробництва шаф управління і автоматики під конкретно задану для вирішення завдання, а саме:

- Модульні. Виконуються з можливістю відключення окремого блоку, таким чином, немає необхідності переривати роботу решти устаткування. Цей варіант забезпечує достатній ступінь ефективності роботи.
- Блокові. Ця збірка зручна в експлуатації, оскільки є можливість якнайшвидшого ремонту, що обумовлюється поділом на блоки. Ці блоки представляють собою окремо виготовлені монтажні панелі, завдяки чому шафа має блочну конструкцію.
- Компактні. Це виконання дає можливість максимальної щільності розміщення апаратури, з огляду на те, що конструкційні елементи розташовані на одній або декількох панелях, які не розділені на окремі модулі.

5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для реалізації системи автоматичного керування механізмами струшування електродів електрофільтра доменної печі №9 обрано програмно-апаратний комплекс на базі контролера Siemens SIMATIC S7-1200. Розробка програмного забезпечення виконується в середовищі TIA Portal V18 із використанням мови програмування LAD (Ladder Diagram). Візуалізація технологічного процесу та взаємодія оператора із системою здійснюється за допомогою WinCC Runtime Advanced. Такий підхід забезпечує високу надійність, зручність експлуатації та можливість подальшої інтеграції системи до складу АСУ ТП ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) — це інтегроване програмне середовище компанії Siemens AG, призначене для розробки, налаштування, програмування, діагностики та обслуговування систем автоматизації. Версія TIA Portal V18 є однією з найпоширеніших платформ для роботи з контролерами SIMATIC S7-1200, S7-1500, операторськими панелями HMI та мережами PROFINET. Вона забезпечує єдине середовище для створення комплексних проєктів автоматизації та підтримує сучасні засоби промислового програмування.

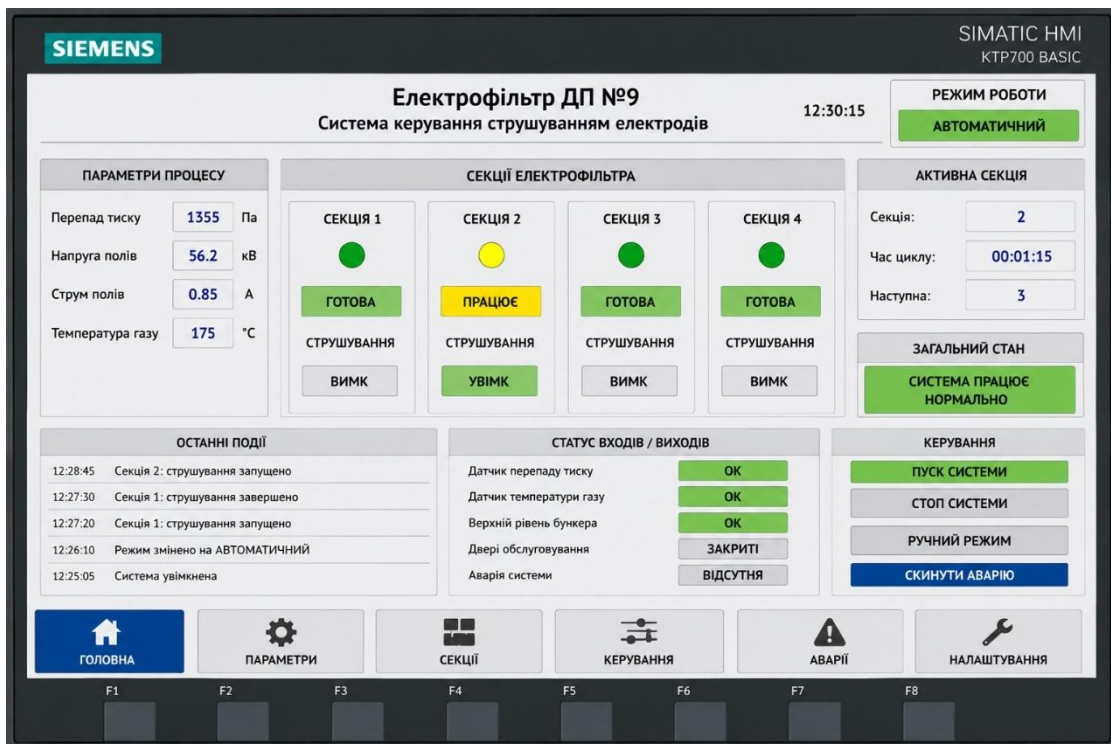


Рис. 5. 1 – Інтерфейс програми керування системою струшування електрофільтра

На екрані (рис. 5.1) зафіксовано момент активної роботи системи:

- Що відбувається прямо зараз: Система перебуває в Автоматичному режимі (зелений індикатор у верхньому правому куті). Зараз виконується струшування Секції 2 (індикатор світиться жовтим, статус «ПРАЦЮЄ», струшування «УВІМК»).
- Стан інших секцій: Секції 1, 3 та 4 зараз «відпочивають» — їхні індикатори зелені, статус «ГОТОВА», а струшування «ВІМК». Це підтверджує, що логіка контролера (яку ми бачили в S7-GRAPH) чітко витримує черговість і не допускає одночасного струшування кількох полів.
- Таймінги: У блоці «Активна секція» ми бачимо, що Секція 2 струшується вже 1 хвилину 15 секунд, а наступною за чергою контролер запустить Секцію 3. Загальний стан системи — «СИСТЕМА ПРАЦЮЄ НОРМАЛЬНО».

2. Технологічні параметри (Ліва панель)

Тут виведені критичні показники очищення доменного газу:

- Перепад тиску (1355 Па): Показує опір бруду на електродах. Якщо цей показник почне стрімко рости, це сигнал для технолога, що струшування працює неефективно і пил залишається на пластинах.
- Напруга (56.2 кВ) та Струм (0.85 А): Параметри агрегату живлення високої напруги. Без напруги електрофільтр перетвориться на звичайну трубу, тому автоматика контролює ці дані.
- Температура газу (175 °C): Важливий параметр захисту. Занадто гарячий газ може деформувати конструкцію фільтра.

3. Лог подій та Інтерлоки (Нижня частина)

- Блок «Останні події»: Це дуже зручна стрічка, яка замінює оператору необхідність постійно ходити у вкладку «Аварії». Ми бачимо повну хронологію: о 12:26:10 увімкнули автомат → о 12:27:20 запустили Секцію 1 → о 12:27:30 вона закінчила роботу → контролер витримав технологічну паузу в 1 хвилину 15 секунд → о 12:28:45 запустив Секцію 2.
- Блок «Статус входів / виходів»: Це так звані *інтерлоки* (блокування). Перед тим як запустити двигуни, ПЛК перевіряє: чи справні датчики (тиску, температури — статус «ОК»), чи не переповнений бункер пилу (Верхній рівень — «ОК») та чи закриті двері обслуговування (люки), щоб нікого не вдарило струмом чи не отруїло доменним газом. Оскільки всюди горить «ОК» та «ЗАКРИТІ», автоматика працює без перешкод.

4. Керування та Навігація

- Праворуч знизу розташовані кнопки швидких дій. Оператор може в один клік зупинити всю систему («СТОП СИСТЕМИ»), перейти в ручний

режим, якщо треба прокрутити якийсь один механізм, або скинути помилку («СКИНУТИ АВАРІЮ»), якщо вона була усунена.

- Найнижчий рядок — це глобальне меню. Зараз підсвічена синім кнопка «ГОЛОВНА», але оператор може легко перейти на вкладку «ПАРАМЕТРИ» (для детальних графіків), «АВАРІЇ» (для перегляду архіву помилок) чи «НАЛАШТУВАННЯ» (де інженери задають уставки часу роботи двигунів).

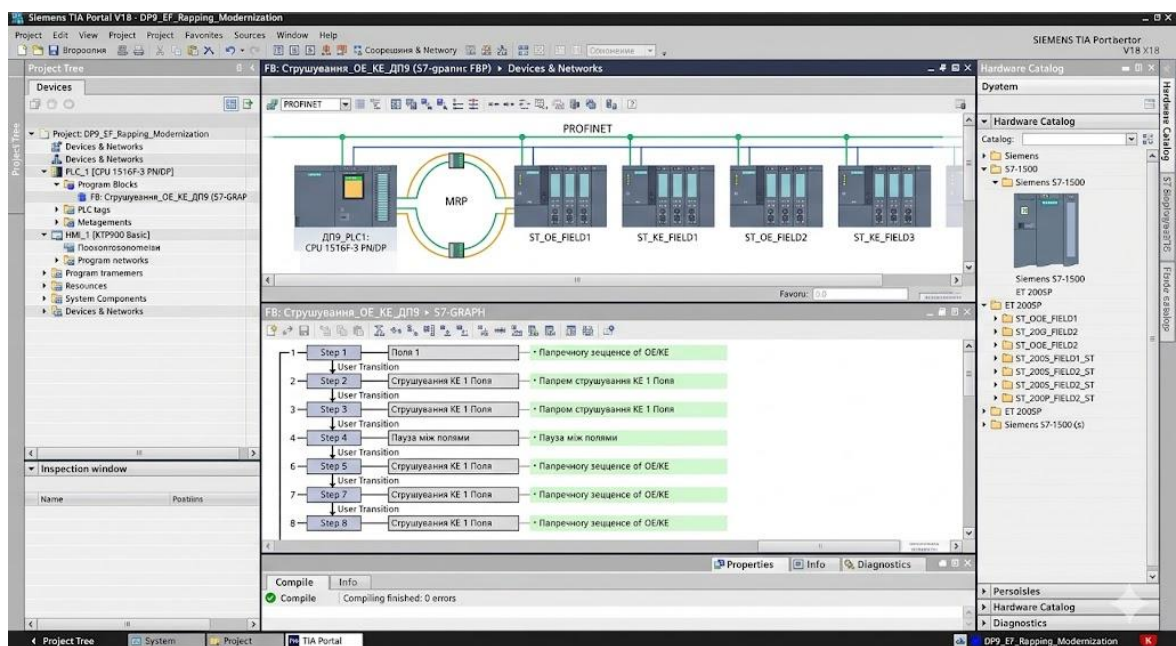


Рис. 5.2 – Програма керування системою струшування електрофільтра

Програма керування системою струшування електрофільтра розроблена у середовищі TIA Portal V18 і візуально розділена на дві ключові складові: конфігурацію обладнання (верхня частина) та безпосередньо алгоритм роботи (нижня частина).

Ось детальний розбір того, як працює ця система:

1. Апаратна мережа та топологія (Devices & Networks)

У верхньому вікні налаштована архітектура системи керування, яка забезпечує високу надійність:

- Головний контролер: Використовується CPU 1516F-3 PN/DP. Це високопродуктивний контролер лінійки S7-1500 із літерою «F» (Failsafe), що означає підтримку функцій протиаварійного захисту та безпеки.
- Мережа PROFINET: Зв'язок між пристроями організований по промисловому протоколу PROFINET.
- Кільцеве резервування (MRP): Контролер та станції вводу-виводу з'єднані у кільце з використанням протоколу MRP (Media Redundancy Protocol). Якщо кабель обірветься на одній із ділянок, сигнал автоматично піде іншим шляхом, і система не зупиниться.
- Децентралізована периферія: Управління механізмами рознесене по локальних станціях ET 200SP (ST_OE_FIELD1, ST_KE_FIELD1 і т.д.). Вони відповідають за конкретні групи: OE — осаджувальні електроди, KE — коронуючі електроди для різних полів (FIELD1, FIELD2, FIELD3).

2. Алгоритм струшування (Блок S7-GRAPH)

У нижньому вікні відкритий функціональний блок FB: Струшування_OE_KE_ДП9, написаний мовою S7-GRAPH. Ця мова ідеально підходить для послідовних процесів (циклограм), оскільки працює за принципом «Крок → Умова переходу → Наступний крок».

Як виконується алгоритм (покроково):

- Step 1 (Поля 1): Програма ініціює початок циклу струшування для першого поля електрофільтра. Відбувається підготовка механізмів.
- User Transition (Умова переходу): Програма чекає виконання певної умови (наприклад, пройшов заданий час паузи або надійшов сигнал від оператора), щоб перейти до наступної дії.

- Step 2 (Струшування КЕ 1 Поля): Вмикаються приводи молотків, які б'ють по коронуючих електродах (КЕ) першого поля, скидаючи з них пил у бункер.
- User Transition: Програма очікує завершення часу роботи двигуна струшування (наприклад, 2 хвилини) або спрацювання кінцевого вимикача провороту валу.
- Step 4 (Пауза між полями): Це критично важливий етап. Після струшування першого поля система витримує технологічну паузу. Це робиться для того, щоб піднятий пил встиг осісти в бункер, інакше струшування наступного поля призведе до масового викиду пилу в димову трубу (вторинний винос).
- Step 5 - 8: Після закінчення паузи алгоритм переходить до струшування наступних груп електродів та полів за аналогічним принципом.

ВИСНОВКИ

Отже, у ході виконання даного курсового проекту було розроблено систему автоматичного управління струшуванням електродів електрофільтру аспірації доменної печі №9 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

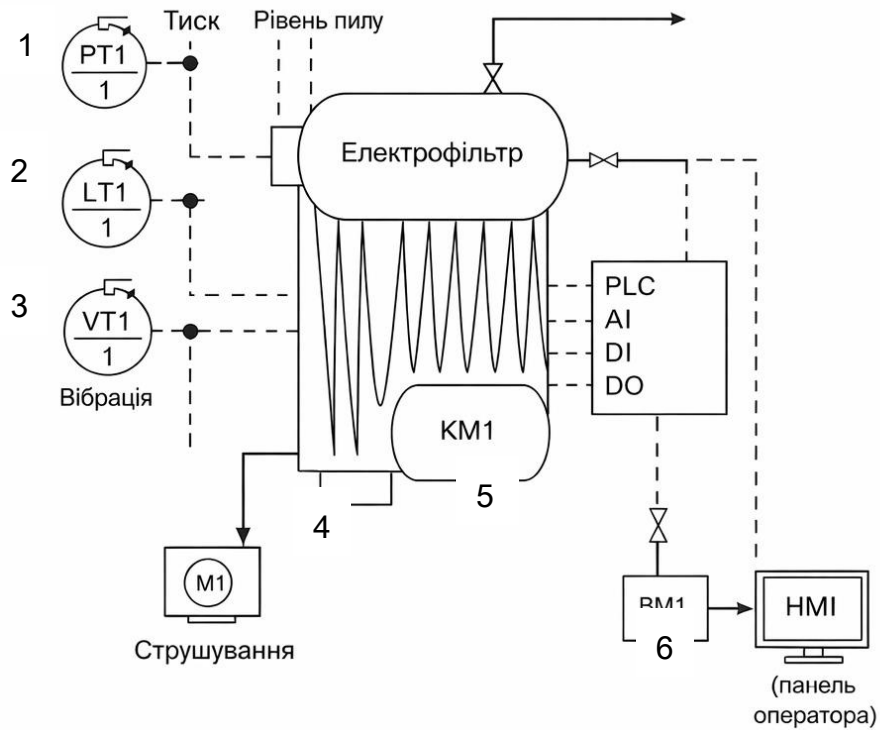
На основі проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз об'єкта автоматизації показав, що ефективність очищення газів в електрофільтрі критично залежить від своєчасності видалення пилу з електродів. Встановлено, що оптимальним є поєднання часового регламенту струшування з адаптивним керуванням за показником аеродинамічного опору (перепаду тиску) на фільтрі.
2. Вибір технічних засобів було здійснено з урахуванням складних умов металургійного виробництва (запиленість, вібрації). Основним вузлом керування обрано програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200, який забезпечує необхідну гнучкість алгоритмів та надійність. Для контролю стану забруднення фільтра застосовано сучасний інтелектуальний датчик тиску з вихідним сигналом 4-20 мА.
3. Розроблена структура системи є дворівневою: нижній рівень забезпечує збір сигналів та безпосереднє керування приводами, а верхній рівень дозволяє оператору дистанційно моніторити параметри та змінювати уставки через НМІ-панель або АРМ.
4. Економічна та технологічна доцільність проекту полягає у:
 - підвищенні стабільності роботи газоочисної установки;
 - зниженні викидів пилу в атмосферу міста за рахунок виключення людського фактора;
 - подовженні ресурсу механічного обладнання (молоткових механізмів та валів) завдяки запобіганню заклинюванню та перевантаженню двигунів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

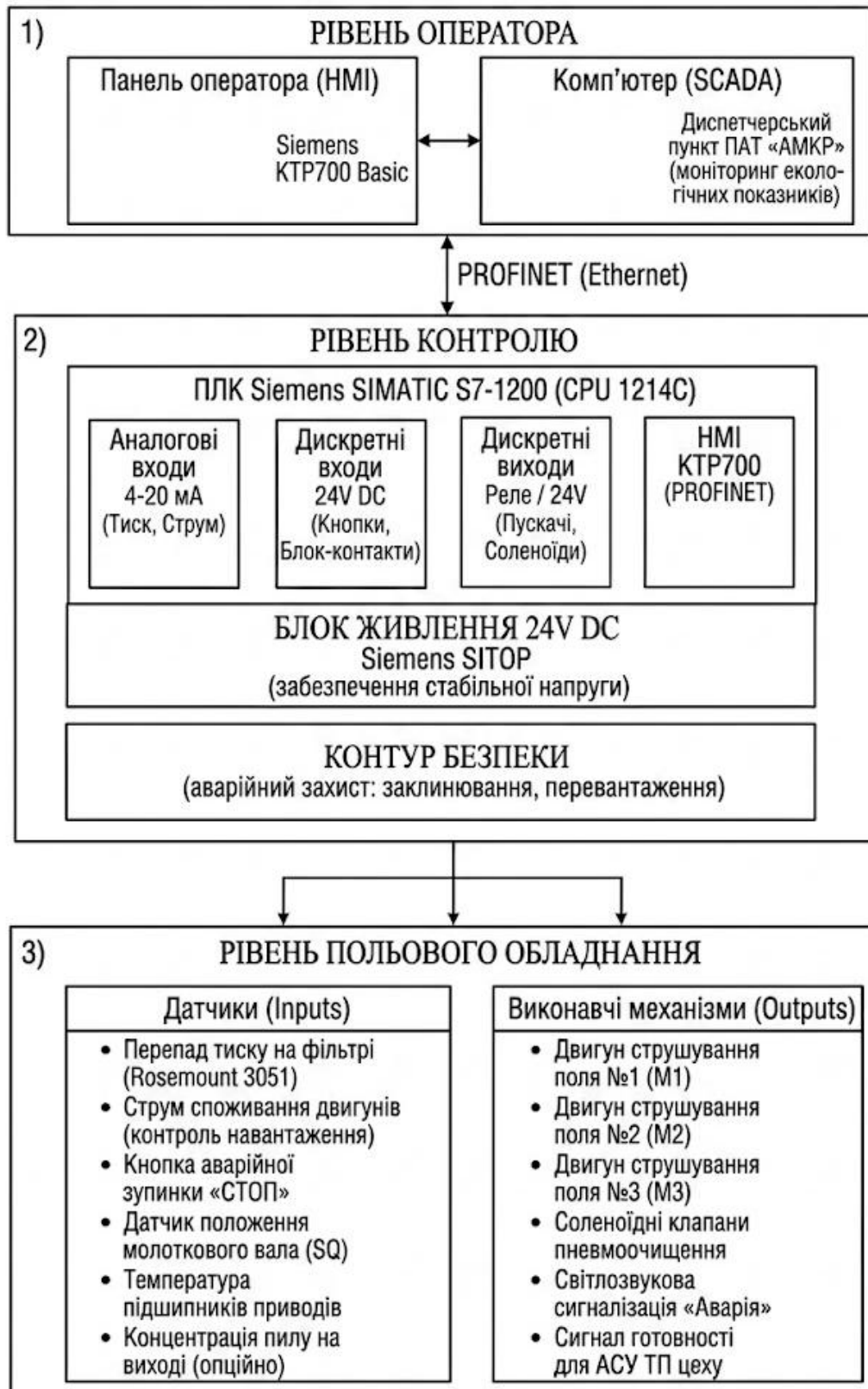
- ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Система проектної документації для будівництва. Виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009.
- Литовченко Ю. В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Проектування систем автоматизації» для здобувачів вищої освіти спеціальності 151. — Кривий Ріг: ДУЕТ, 2026. — 24 с.
- Качмар Р. Ю. Проектування систем автоматизації: Навчальний посібник. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. — 212 с.
- Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах. — К.: Видавництво Ліра-К, 2017. — 364 с.
- Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Automation System. System Manual.
- Emerson Process Management. Rosemount 3051S Series Scalable Pressure, Flow, and Level Solutions. Reference Manual. — 2023. — 180 p.
- Кучерук В. Ю. Засоби вимірювання, контролю та керування: Підручник. — Вінниця: ВНТУ, 2015. — 250 с.
- Газоочисне обладнання металургійних заводів. Технічний опис та експлуатація електрофільтрів серії ЕГА. Довідник. — М.: Металургія, 1992 (репринт).
- Schneider Electric. Проектування систем автоматизації на базі ПЛК: Практичне керівництво. — 2020. — 120 с.
- Електростатичний фільтр, документ в якому наведено детальний огляд системи електростатичного фільтра (ЕСФ), що використовується на електростанції для видалення частинок пилу з димових газів перед їх викидом в атмосферу: <https://www.slideshare.net/slideshow/electrostatic-precipitator-133902459/133902459#13>

ДОДАТОК А



		1	2	3	4	5	6
Прилади на місці		PT1 1a	LT1 2a	VT1 3a	SB1 4a	KM1 5a	SB1 6a
Прилади на щиті		TI 86	VI 96	AI1 106	AI2 116	HL1 126	KM1 136
ПЛК	AI	•		•		•	
	AI2	•					•
	DI	•			•	•	
	DO1		•	•			
	DO2	•					
HMI	B		•				
	I	•			•		•
	R	•				•	

ДОДАТОК Б





Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

151-12д-2026врб

Автор

151-12д-2026врб

Науковий керівник / Експерт

Модло Є.

ІД документу

334168421

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

підрозділ

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

ЗВІТ

Дата звіту

6/4/2026

Дата редагування

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



КП 1

11234

Кількість слів



КЦ

88419

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		0
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		78

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

#	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://dspace.znu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/12345/6686/%D0%B4%D0%B8%D0%BF%D0%B%D0%BF%D0%BC%20%D0%9A%D1%83%D1%87%D0%B5%D1%80.pdf?sequence=1	90 (0.8 %)

ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти
Державного університету економіки і технологій про перевірку
кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Шрам Дмитро Петрович,
підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська (магістерська) робота
Проектування системи автоматизації стикування електродів електрофільтру
аспірації ДП 9 ПАТ АМКР

виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

04.06.2026



Д. П. Шрам